



TITLE:

プロダクション・マーケティング
統合計画モデルに関する研究(
Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

太田, 雅晴

CITATION:

太田, 雅晴. プロダクション・マーケティング統合計画モデルに関する研究. 京都大学, 1993, 博士(工学)

ISSUE DATE:

1993-05-24

URL:

<https://doi.org/10.11501/3092167>

RIGHT:

新 制
工
917
京大附図

プロダクション・マーケティング 統合計画モデルに関する研究

1 9 9 3

太 田 雅 晴

プロダクション・マーケティング 統合計画モデルに関する研究

1 9 9 3

太 田 雅 晴

目次

第1章 序 論	1
1.1 緒 言	1
1.2 プロダクション・マーケティング統合計画の意義	1
1.3 プロダクション・マーケティング統合計画と方略的経営計画	7
1.4 プロダクション・マーケティング統合計画に関わる研究の履歴	10
1.4.1 学術研究の現状と課題	11
1.4.2 実務システムの現状と課題	16
1.5 提起する統合計画モデルの基本概念	18
1.6 要素計画と計画手法	19
1.6.1 生産計画	19
1.6.2 マーケティング計画	20
1.6.3 経営目標と目標計画法	27
1.7 各章の意義と概要	31
第2章 方略的販売目標を考慮した利潤最大化計画モデルの構築	33
2.1 緒 言	33
2.2 計画モデルの構築	34
2.2.1 モデルの前提と定式化	34
2.2.2 計画の目標	37
2.2.3 問題の設定と解法	38
2.3 プロダクション・マーケティング統合計画システム	39

2.4	数値計算例	39
2.5	結 言	47
第3章	価格目標、販売目標および利益目標に同時に対処する計画モデルの構築	48
3.1	緒 言	48
3.2	計画モデルの構築	49
3.2.1	計画モデルの前提と定式化	49
3.2.2	計画の目標と問題の設定	54
3.3	限定した問題とその解法	56
3.4	数値計算例	58
3.5	結 言	63
第4章	不安定な市場と経営の多目標性に対処する動学的統合計画モデルの構築	64
4.1	緒 言	64
4.2	計画モデル全般にわたる前提条件	65
4.3	次期の予測市場・生産条件を基にした計画モデル1 (PM1)	66
4.3.1	前提条件	66
4.3.2	計画問題の定式化	68
4.3.3	販売量目標が利潤目標に優先する計画問題 (Problem 1-A) の 解析と解法	69
4.3.4	利潤目標が販売量目標に優先する計画問題 (Problem 1-B) の 解析と解法	77
4.4	計画モデル: PM1の数値計算例	80
4.5	次期および次々期の予測市場・生産条件を基にした計画モデル2 (PM2)	84
4.5.1	計画問題の定式化	85
4.5.2	計画問題の解析と解法の概略	86
4.6	計画モデルPM2の数値計算例とPM1との比較	87
4.6.1	計画モデルPM2の数値計算例	87

4.6.2	PM1とPM2の比較	91
4.7	結 言	93
第5章 製品の導入・撤退時期を経営の多目標性を考慮して決定する動学的製品		
	選択計画モデルの構築	95
5.1	緒 言	95
5.2	計画モデルの構築	96
5.2.1	計画モデルの前提条件と定式化	96
5.2.2	計画の目標	99
5.2.3	計画問題の設定	100
5.3	計画モデルの解法	101
5.4	数値計算例	104
5.5	結 言	112
第6章 計画問題の解法としての0-1型目標計画法		
6.1	緒 言	113
6.2	既存の解法の対象とする問題と解法の問題点	114
6.2.1	0-1型目標計画法の一般的定式化	114
6.2.2	IgnizioとLeeの解法アルゴリズム	115
6.2.3	Garrod-MooresとMusa-Saxenaの解法アルゴリズム	116
6.3	0-1型目標計画法の解法アルゴリズムの構築	118
6.4	数値計算例	123
6.5	結 言	127
第7章 結 論		
		129
謝 辞		132
記 号 一 覧		133
参 考 文 献		140

第1章 序 論

1.1 緒 言

生産に関わる職能の計画は、主に企業の内的要因によって決定され、言わば閉じたシステムの計画として多くの研究が行われてきた。しかし、近年の消費者ニーズの多様化、情報技術を中心とする技術開発の飛躍的な進展は、外的要因を生産に関わる計画においても考慮することを強いている。外的要因に主に関わるのはマーケティングに関わる職能であり、この意味から生産とマーケティングの統合化が、近年および今後の重要な課題となっている。

生産とマーケティングの統合化およびその条件下での統合計画について考察する場合、将来の不確実性を回避し、競合企業に対して比較優位となるような経営の方略性および経営の多目標性を計画に考慮する必要がある、さらに計画が企業全体の計画に影響することから、経営全般の計画・実行・統制の流れ（マネージメント・サイクル）の中での計画の位置づけが重要となる。

本論文では、以上の観点から数理的なプロダクション・マーケティング統合計画モデルを構築するが、本章では、まず生産とマーケティングの統合化に関する各種見解、経営計画における統合計画の位置づけについて考察する。次に、プロダクション・マーケティング統合計画に関する過去の研究履歴および実務界における関連するコンピュータ・システムの現状と課題について述べる。最後に、提起する計画モデルの基本概念について述べるとともに、計画モデルを構成する要素管理技術の概略について述べる。

1.2 プロダクション・マーケティング統合計画の意義

コンピュータ統合生産システム [56], [21] や戦略的情報システム [161], [137] などの大規模情報システムもしくは大規模コンピュータ・システムの構築ブームの波状的な招来とともに、製造業は言うに及ばず流通業などにおいても、それらシステムの本質は“生販統合化”なる言葉にあるとして多くの取り組みがなされている。しかし、現

状は言葉が先行して、十分効果を上げたとされるシステムは数少ない。企業全体に関わるようなコンピュータ・システムを構築しようとする場合、関係する人々のコンセンサスを得るための体系が必要となるし、企業が今後進むべき指針、つまり方略が重要となる。しかし、それら体系や方略についての十分な議論がなされているとは言い難い。さらに生産とマーケティングの統合化もしくはその相互作用について考察した研究に限定しても、Crittenden[25] が述べるように、数理的立場は言うに及ばず叙述的立場からもさして多くはない。本節では、現在提起されている製造業の方略についての見解やC I Mの体系の中に見る生産とマーケティングの統合化の果たす役割について考察する。

Hayes-Wheelright[50], [51] は、図 1.1に示すような Product-Process Matrix を提案し、それを用いてマトリックス内の各ポジションに該当する製造企業の特質、経営方略、さらには経営方略の変更について論じている。

彼らの主張によれば、企業の置かれている、もしくは置くべきポジションのタイプとして大きく2種類あるとしている。一つは左上から右下への対角線上の位置であり、もう一つは対角線外の位置である。企業の進化過程として、一般的には対角線上を左上から右下に向かって辿ることになる¹。これ以外に対角線外に外れて他社に対して優位を獲得しようとする経営方略がある。つまり現代の多くの企業は、図中の対角線上の中から右下にあり、少品種大量生産の形態にあるが、それをあえて左方向にずらし、製品の品種を増やして顧客ニーズの多様化に対処する方略がありうる。この場合、個々の品種の需要のばらつきが主な要因となってマーケティングと生産の協調が計りにくいことから、共通の方略の下に生産部門とマーケティング部門を統合化することが、他社に対して優勢を保つための要件であると指摘している。また一般的に他社に対して優勢を保とうとする場合、マーケティングが先行して生産能力についての見識を見失いがちであるが、このマトリックス上で経営方略を考えることによって、マーケティングに関わる意思決定とともに、生産における意思決定もそれに対応した方向性を模索できるとしている。

様々な顧客のニーズに対応する製品をフレキシブルに生産・販売することとコスト

¹ 図中の円内の製品は、横軸と縦軸に該当する製品を例示しており、対角線を巡る過程においてこの製品を生産する企業となるという意味ではない。

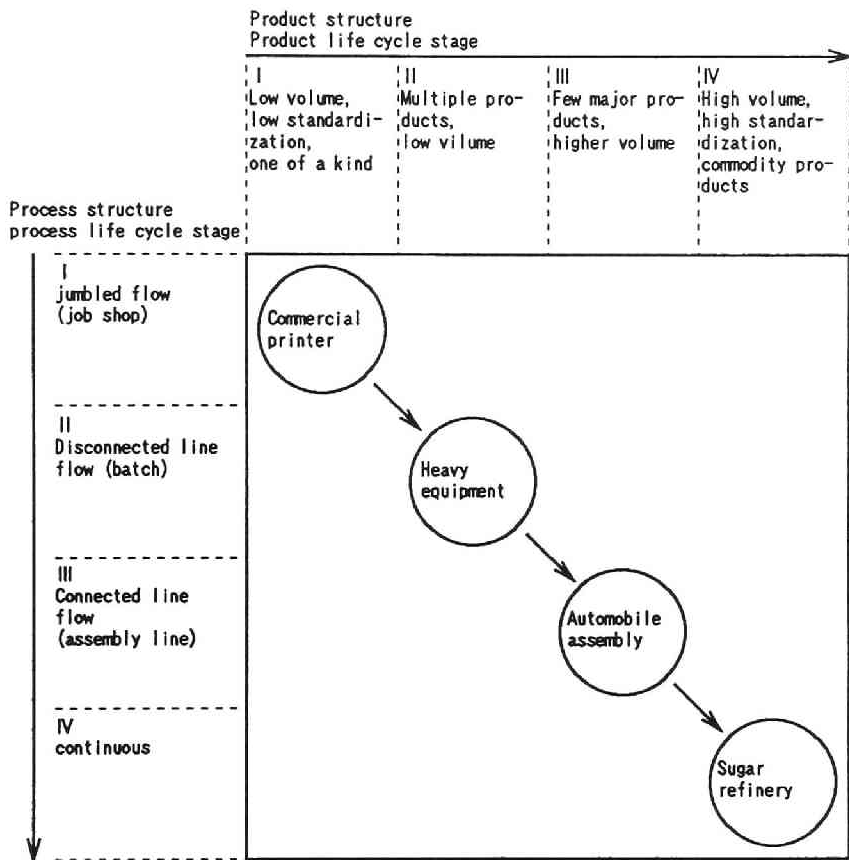


図 1.1: Product Process Matrix

低下を同時に達成することは、対角線上ではたいへん難しい。現代の顧客ニーズに対処し、何種類もの製品を、必要なときに必要な量だけ安価に供給することが求められる市場条件にあって、企業のおかれる立場は対角線から左方向に少し離れた位置であることが求められると考えられる。そのためには、生産とマーケティングの統合化は置かれたポジションを維持し、他社に対して優位となるための経営上の重要な方略となりうる。

生産とマーケティングの統合化を考察する上において、コンピュータ統括生産（C I M）との関連性は重要である。C I Mの原理については、種々の観点からの研究があるが、ここでは人見 [56] のC I Mの原理に基づき、C I Mとプロダクション・マー

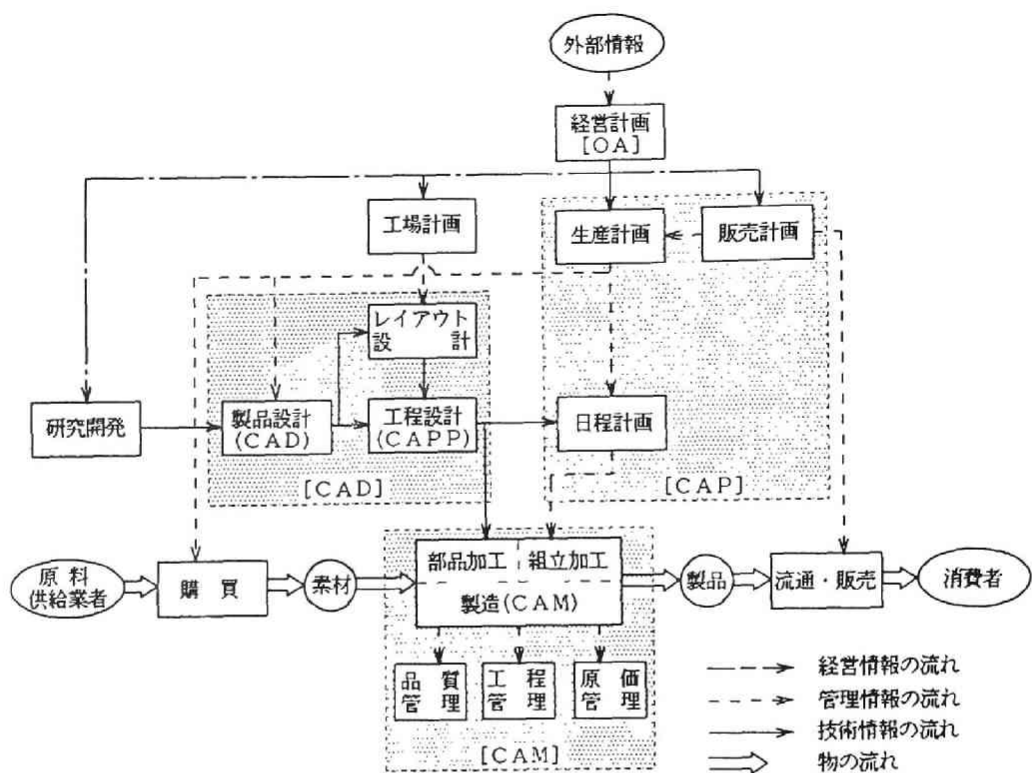


図 1.2: C I M の原理

ケティング統合計画の関連性を考察する。

人見によれば、生産に関与する諸機能と各機能間の関連性に関わる情報の流れを明確にすれば図 1.2 のように表され、それに職制の違いや自動化の歴史などからコンピュータ支援機能をグループ化すれば、CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAP (Computer Aided Planning) を定義できるとする。そして CIM は「個々別々に進展してきたそれら自動化の島を共通データベースで真に融合された総体」を CIM と定義している。

人見の CIM の概念上で生産とマーケティングの統合化を考察するには、まず統合化が叫ばれる社会的背景を考慮する必要がある、それには次の 2 点がある。

- (i) 顧客がどんな製品を求めているか、市場で今どんな製品が売れているかの情報

をタイムリィに把握して、それを技術開発や製品設計に活かしたい。

(ii) 市場での個々の製品の販売状況や流通在庫量を的確に把握し、在庫の圧縮、販売機会損失の回避、安定した生産を確保することによって、円滑な製品供給による顧客サービスの向上を計るとともに、原価を極力低減したい。

これらを背景とした統合化の意味を図 1.2 上で考えると、(i) は、主として顧客に接するマーケティング部門と製品の開発・設計を担う製品設計・技術開発部門の統合を意味し、O A から C A P を介して C A D に流れる技術情報に関係する。(ii) は、顧客と接するマーケティング部門、工場と販売拠点間の物の流れの管理に携わる物流部門、製品を生産する生産部門の統合であり、O A から C A P を介して C A M に流れる生産や物流の管理情報に関係する。両者の情報は、発信基地はマーケティング部門で共通しているが、必要となる部門は組織内の職能の異なる技術開発、設計部門と生産、物流部門である。

C I M の構築において、どちらの情報の流れも重要な役割を演じ、C I M の成否に関わるのはいくまでもない。現在構築が進められている生産とマーケティングの統合化は、コンピュータ・システムの扱い易さから、管理情報の流れに関わる統合化と考えられる。しかし管理情報にしても技術情報にしても、発信は顧客にあり、各々の情報に関わるシステムをまったく独立して構築するより、情報の発信地、通過地、受信地をよく把握・検討し、両者の情報を有効に掴んで生かせるネットワーク・システムやデータベースを作ることが有効な C I M 構築のために肝要である。

生産とマーケティングの統合化を志向するコンピュータ・システムの基本的な発展段階は実務的には次のようになると考えられる。

段階 1：情報ネットワークによる受発注処理のオンライン化

段階 2：生産計画レベルの再計画などを含むオーダー・エントリー・システムの導入

段階 3：顧客ニーズの的確な吸い上げ、受注生産が可能なシステムの導入

段階 1 は、E O S (Electronic Ordering System) の導入段階であり、これにより顧客は製造メーカへの発注または在庫の有無の確認がリアルタイムで可能になり、供給側は迅速な受注の把握、顧客管理、迅速な在庫補充で販売機会損失の回避、在庫の圧縮が可能となる。この段階で必要な技術は、通信技術、ネットワーク技術、そしてそれを有効に生かす通信プロトコルの導入である。

次の段階 2 は、自動車のオーダー・エントリー・システムに見られるように、顧客が望む仕様の製品を短納期で生産・販売できることを可能にするシステムの構築である。これを実現するには、段階 1 に加えて精緻な生産計画と E O S との統合が必要となる。

段階 3 は、製造する製品の種類にもよるが、顧客の製品に対するニーズを直接かつ迅速に把握してそれを製品開発や製品設計に生かせるシステムか、もしくはオーダー・メイドの製品を迅速に生産できるシステムの構築である。工作機械などの生産財や高価な消費財の場合は、店頭にあるコンピュータを用いて顧客と設計者が対話しながら顧客がオリジナルな製品を注文するシステムを構築することになるであろう。日用品に代表されるような消費財の場合、受注生産とまではいかなくても、消費者が望む製品を即座に市場に供給するような体制が益々望まれる。その場合、市場の消費者ニーズを的確に収集する大規模なネットワーク・システム、収集した情報を効率的に分析するシステムなどのマーケティング情報システムと、情報の分析結果を基に製品設計、生産を迅速に行うシステムなど、個々のシステムの充実とシステム間の有機的連関を計ることが第 3 段階の要件となる。自動車などの比較的付加価値の高い消費財の場合、それらの中間的なシステムが構築されていくものと考えられる。

現代の消費者ニーズに適応していくためには、Hayes-Wheelwright が言うように製造と顧客ニーズの同期化を計ること、つまり生産とマーケティングの統合化を強化することが企業の存続のためには重要であり、それを実現する効率的・合理的な体系が C I M であるとするなら、企業の諸機能と機能間の情報の流れを明確にし、統合化を実現するシステムを前述したように段階的に構築していくことが肝要である。C I M の発展段階は、Wheelwright-Hayes の近年の論文 [159] に言う生産力の 4 段階説に即して考察することもでき、彼らの言う Stage 4 は生産やマーケティングは因より企業内の全ての職能の統合化が成された状態を指し、Manufacturing Excellence が高度に実現された状態と呼んでいるが、生産とマーケティングの統合化は Manufacturing Excellence を達成するためには、通過しなくてはならない重要な課題であると言える。

以上のように生産とマーケティングの統合化の意義および目指すべきコンピュータ・システムの指針についての考察ができる。しかしこれらの叙的研究を通じては、コンピュータ・システムを有効に生かす、もしくはコンピュータ・システムの詳細を決めることはできない。それをするには、生産とマーケティングの統合計画の体系化が

必要となる。本論文では、その体系の確立が早急に望まれ、数理的立場から考察が可能な(ii)の定量的立場にたった生産とマーケティングの統合化、とりわけ統合計画の概念を数理的立場から提起する。

1.3 プロダクション・マーケティング統合計画と方略的経営計画

本論文では定量的側面に焦点をあてた生産とマーケティングの統合計画を考察する。生産に関わる計画、マーケティングに関わる計画等、個々の部門計画に関する計画は、いわば閉じたシステム内での計画であり、経営全体の計画がどうであろうと部門外の情報をすべてインプットとして捉えれば、経営全体に関わる計画とは独立に各部門の計画は可能となる。しかし統合計画は複数の部門が関与してくる上、製造業にとっては生産とマーケティングは主要職能であることから、統合計画自体が経営計画の多くの部分を占めると言っても過言ではなく、企業の将来指針や市場に対する行動指針を示す経営方略と密接に関連してくる。本節では、経営計画・管理や経営方略²の立場から統合計画のあるべき姿を考察する。

経営管理論の立場から、事業全体の経営計画と生産や販売などの諸活動の計画・管理は、経営管理の中に総合されている。従って、経営計画や生産計画、マーケティング計画は経営管理の一段階ということになる。経営管理機能の基本的構成要素は、経営環境の変化に対応する意思決定に関わる変革機能、目標に有利に到達できるように諸活動の方向付けをする計画機能、仕事が効率的にできるように職務分担、責任・権限の明確化を行う組織化機能、秩序ある組織活動を維持する指令機能、仕事に対する組織構成員の意欲を喚起する動機づけ機能、利害や見解が対立する活動を調整・統合する調整機能、活動が計画に従って行われているかどうかの検討を行う統制機能の7つであり、より簡略には変革、計画機能を Plan 機能、組織化、指令、動機付け機能を Do 機能、調整、統制機能を See 機能と呼ぶ。そして経営を円滑かつ合理的に行う

²経営方略と経営戦略は同義語であるが、軍事的戦略と区別するため本論文では文献の引用文以外では経営方略を用いる。

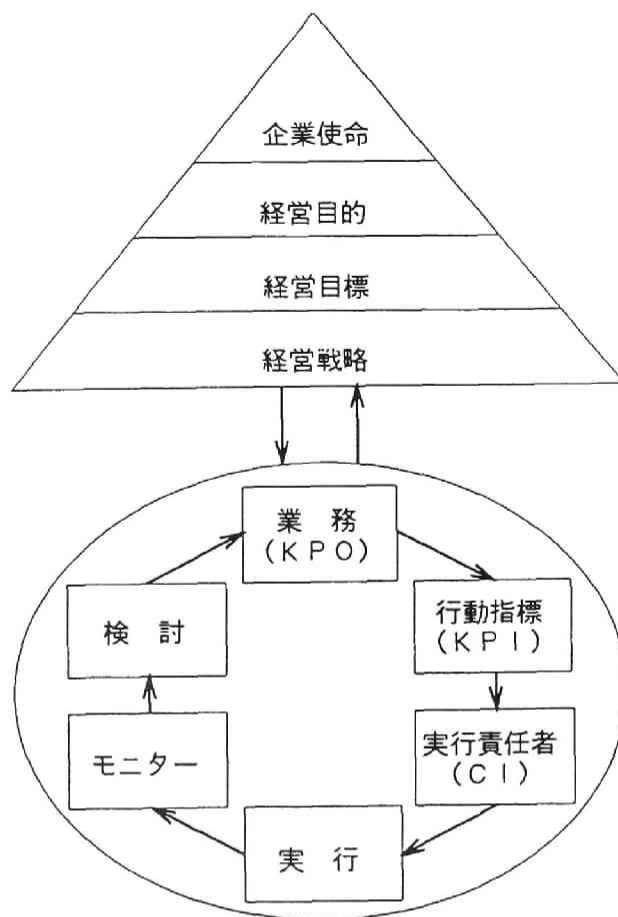


図 1.3: 戦略立案から導入サイクル

には Plan, Do, See を循環させる必要があり、これを Management Cycle (PDS サイクルとも呼ぶ) と呼ぶ [42].

近年特に注目されているのは、経営環境、市場環境における企業間競争の激化と言う観点から、上述の Plan の機能に属する革新機能、計画機能である。それらの指針を与えるのが経営戦略論³であり、自社事業の分析から始まり他社に対して比較優位となる新規事業の方向や生産方略、マーケティング方略等を模索する方法論 [71], [72], [73], 経営方略の分類 [97] が論じられている。そしてそこで設定された経営方略を実際に実行していくための枠組みとして、図 1.3が提案されている [41].

³経営方略論としてもよいが、ここでは一般的に認知されている経営戦略論を用いる

企業使命 (mission) の設定に始まり、経営目的 (objectives)、経営目標 (goals) と展開し、それらを達成するための Key Success Factor を整備する施策、つまり経営戦略を作成する。一旦経営戦略が策定されると、それらを各組織の業務目的 (KPO : Key Performance Objective) に展開し、さらに具体的な行動の指針 (KPI : Key Performance Indicator) が示されるとともにその責任者 (CI : Critical Individual) を特定する。行動指針は、CI を責任者として実行され、モニターし、指針との差異があれば、検討され、その結果が KPO の評価に反映されるというようにサイクルによって経営戦略に沿った企業活動が遂行されるというものである。ここに言う経営戦略は長期的な事業戦略と言うような広い概念ではなく、部品調達納期の短縮などと言うように狭い概念である。

この経営戦略導入サイクルにおいて、生産およびマーケティングの業務計画は KPO の下に行われることとなり、その KPO の設定は企業使命の設定から経営戦略の策定までの上位計画において統合的見地より行われる。このことより、市場における企業間競争の激化する時代にあって、具体的かつ精緻な行動計画を形成する前段階のプリミティブな計画段階では、統合計画が比較優位を勝ち取るためにも、前述の P D S サイクルに組み入れられるべく重要な計画規範であることがわかる。

現代企業の経営管理において考慮しておくべきこととして、多目標概念と満足化原理がある。森本 [99] は経営目標のあり方と現実を意思決定論の既存の研究成果とともに報告している。その中で、経営目的は、経営目標の上位概念であり、具体的な経営は経営目標を指針として行われ、極大化意思決定は合理的でなく満足し得る目標量を追求する方が合理的である。また企業が存続するには多数の環境主体の目標つまり複数の目標を同時に追求する必要があるとしている。企業の抱える多目標性については Ansoff[3] が図 1.4 のようにまとめているが、森本は目標間の優先順位については時代によって異なることを調査結果を基に報告している。

以上の経営管理論における研究成果は、本論文で研究対象とするプロダクション・マーケティング統合計画を考える上において、次のような重要な示唆を与える。

市場における企業間競争の激化、技術革新の急速な進展は、経営方略を基軸とした経営管理が必要であり、その実行においてプリミティブな計画レベルでは統合計画は設定した経営方略の効率的・合理的実行という点において必然的であるとともに、経

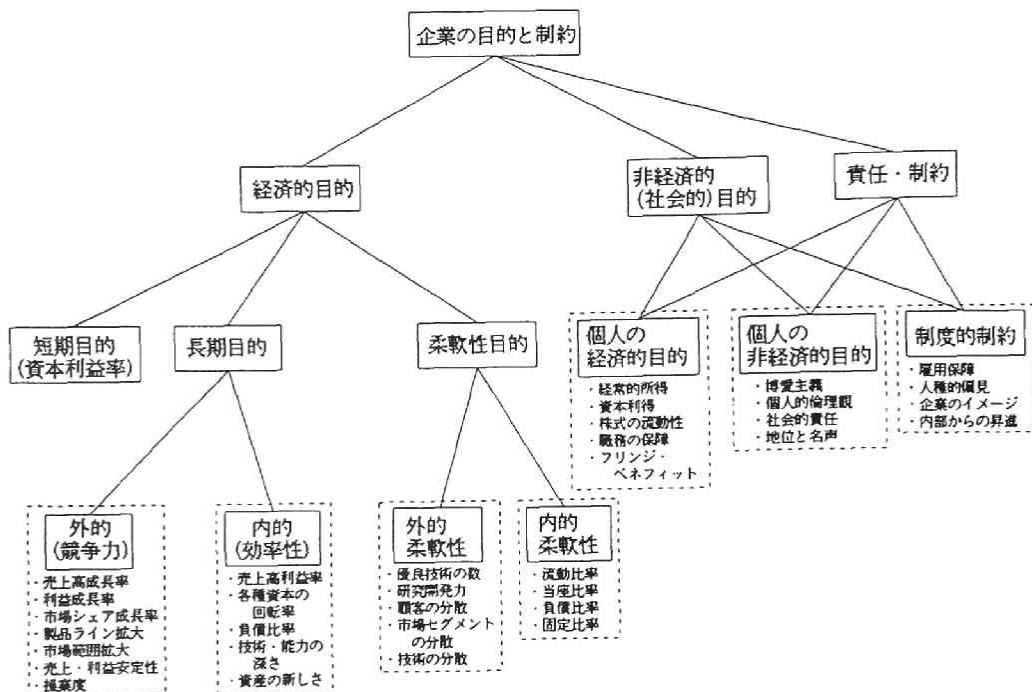


図 1.4: Ansoff の目標体系

営方略と言う概念を計画の策定過程に取り込む必要がある。そして複雑化する市場において企業の存続を維持するために、経営目標は多目標性を考慮する必要がある、さらにその意思決定規範として満足化原理を採用するのが、合理的な意思決定を支援するという観点から妥当である。本論文ではこれらの示唆に基づき、統合計画モデルを構築する。

1.4 プロダクション・マーケティング統合計画に関わる研究の履歴

生産とマーケティングの計画を統合的に行うことを前提とし、数理的な立場から行った過去の研究は、その重要さに比べて多くはない。しかし、生産やマーケティングの特定の職能における意思決定事項を計画する研究の範囲から少しでも他の職能の意思決定事項を取り入れた研究、部門計画の調停問題に関する研究など、少し観点を変え

れば、部門間の枠を越え全体計画を見据えた計画に関する研究は種々の取り組みがなされている。本節では、それら過去の学術研究成果を紹介するとともに、生産とマーケティングの統合化を目指した実務界における取り組みを併せて紹介する。

1.4.1 学術研究の現状と課題

(1) システムズ・モデルに関する研究

1950年代に始まるコンピュータの発達は、企業内の意思決定過程を分析し、要素意思決定過程をコンピュータ・プログラムとして表現し、それら要素プログラムをデータの整合性を保って連結することにより、個々の要素意思決定規範が企業全体の行動にいかに関係するかを研究する Bonini[13]の研究を始めとするシミュレーション・モデルの作成を可能にした。この時代、本国においても宮下[98]が、企業の意思決定プロセスをシミュレーションする企業モデルを作成するために、企業の意思決定過程を詳細に記述モデルとして表している。このようなシミュレーション・モデルはDSS (Decision Support System) 概念の展開とともに研究が継続されている[74]が、特に生産とマーケティングの関係に焦点をあてた研究として次がある。

人見[52]は、生産とマーケティングに焦点をあて、まず生産部門とマーケティング部門の職能をモジュール化し、次に各モジュール内での定量的最適意思決定の方法とモジュール相互間の情報の流れを示し、管理基準を利益最大化として両部門の計画を策定するシステムズ・モデルを提案している。野村等[108],[109]は、企業における生産・販売・在庫計画問題は、品切れ損失、過剰在庫の防止といった複数の評価基準を考慮しながら多数の商品について短時間に処理しなければならないとして、トップの方針から担当者の判断までの広範囲な意思決定に影響する要素事項から評価基準の整理を行い、その下で設定した効用関数によって発注量および発注点の決定に関わる多目的計画問題を解決するシステムズ・モデルを提案している。Oral-Dominique[111]は、市場の競争条件を考慮して生産計画、マーケティング計画を行うシステムズ・モデルを提案している。モデルでは、企業内の情報を基に生産量を計画するモジュールと、販売量が他社のマーケティング支出や生産コストなどの関係で決まるモジュールを設定し、両モジュール間の情報のやり取りによって対象とする企業の生産・マーケティング計画を策定する。モデルは単一期間を対象としていて、定式化は基本的に線形で

あり、簡単なモデルである。研究の目的は競合条件下での生産・マーケティング方策をDSSから得ようとするものである。Crittenden[25]は、生産部門とマーケティング部門が一緒になって意思決定すべき最も重要な課題は、生産能力の割当問題であるとの認識の下に、まず生産能力が拡張できない場合とできる場合について、受注の選択の方法や生産すべき製品の選択方法の意思決定規則を整理している。そして提起した意思決定規則を用いてマーケティング部門と生産部門の業務を各モジュール・システムにおいて行うことにより、最適な意思決定を可能にするシステムズ・モデルを構築している。

(2) プロダクション・マーケティング統合的数理計画モデル

この分野の数理的研究は、生産の平滑化を在庫適応だけで行うのではなくマーケティング方策を考慮しようとする Tuite[149]の試みに始まる。彼は、明白な季節変動需要を持つ製品の生産計画に対し、既存の生産計画モデルでは、予測販売量を与条件として生産部門内の在庫調整だけで季節変動を吸収しているが、マーケティング部門の働きかけ（余裕期の値引き方策の採用）によってもそれを吸収することを試みる計画モデルを提起している。同様の立場では Peterson[117]が、生産の平滑化を在庫対応だけで行うのではなく、出荷を調整することによっても対応するモデルを提起して、後続のマーケティング計画を考慮して生産の平滑化に対処する計画モデルに基本的なアイデアを提供した。また Leitch[87]は、生産計画をたてるに際して広告の効果を考慮し、評価基準としてコスト最小化を採用する計画モデルを提起している。対象としている製品は季節変動需要のある製品であり、用いている広告費用に対する需要の反応関数は線形で広告の累積効果を考慮し、生産計画はHMM Sモデル[58]⁴によっている。この他にも、価格、販売促進活動、その他のマーケティング方策で変動需要に対処する Welam[155]がある。

もう一つの大きな流れに、最適広告支出を最適制御理論を用いて解析した Nerlove-Arrow[106]の研究を拡張し、生産に関する意思決定変数を取り入れた研究がある。Thompson-Proctor[148]は、生産の規模、設備投資、のれん認知に関わる広告、価格の変化率を代替する変数を制御変数とし、期間末の内部留保と財産の和を最大にする

⁴総生産費用を労働力、生産量、在庫量を変数とする2次関数で表現したモデルで、ある染料企業の調査結果を基にしている。

問題を Nerlove-Arrow の研究を基に最適制御問題として定式化し、限定条件下の解を与えると同時に、近似解を与えるアルゴリズムを提案した。Pekelman[114] は、生産費用が2次関数で、価格に対する需要の反応が時間の関数である条件下で、価格、在庫量、生産量を決定する最適制御理論に基づく解析的な計画モデルを提案して、価格に対する需要反応を決定するパラメータのいくつかのパターンについて決定変数の最適軌道を求めている。Abad-Sweeney[1] は、マーケティング部門の計画として Vidal-Woife モデル [152] を、生産部門の計画モデルとして HMM S モデルを用いた制御理論に基づく統合計画モデルを用いて、統合計画と個別計画の比較を行い、マーケティングの最適解と生産の最適解が一致しているならば、調停の必要がないこと、マーケティングの最適解が生産能力を越えるならば、振替価格等で調停が必要であるとの知見を得ている。Parlar[112] は、HMM S モデルと Nerlove-Arrow モデルを部分的に結合し、線形在庫費用、線形広告効果、2乗非線形生産費用とする最適制御理論に基づく統合計画モデルを提案している。Eliashberg-Steinberg[35] は、流通業者と製造業者が分かれている製品について、流通業者が市場に対して設定する価格、製造業者から流通業者への振替価格、流通業者の在庫量、製造業者の生産量を、関わる全ての業者の総利潤を最大化するよう決定するモデルを提起し、マーケティング、生産、在庫の最適解の最適軌道を導出して、この計画環境下における知見を得ようとしている。

以上が数理的研究の大きな流れであり、数学的な面白さから制御理論に基づく解析的研究は近年まで行われている。これに対し、生産の平滑化に特化する研究以外の計画を志向する研究は、それぞれの立場に基づき、年代順に次のように行われている。

Thomas[146] は、線形生産費用を前提として、価格と生産量を同時決定する計画モデルを提案している。さらに Thomas[147] は、価格と広告をマーケティング方策とし、生産計画（生産量と在庫量）とマーケティング計画の同時最適化を利潤最大化を評価基準として線形計画モデルを用いて行う統合計画モデルを提案している。モデルでは複数の市場と市場間の輸送を考慮するとともに、解法に際して、階層的解法を用いている。Kunreuther-Richard[82] は、調達部門が製品の調達をし、マーケティング部門がその製品の価格を設定して販売する状況下について考察している。調達部門は一般に在庫をなるべく持たないように価格を設定したが、マーケティング部門は在庫をゼロと見積もって利潤が最大になるよう価格を設定するとして、簡単なモデル

を作成し、両部門が独立に意思決定する場合と同時に意思決定する場合を比較して同時決定の方がよいとの解析的示唆を得ている。Kunreuther-Schrage[83]は、さらにこのモデルを拡張し、需要が時間を追うごとに上がっていくとした場合について解析している。Dammon-Schramm[27], [28]は、生産、マーケティング、財務の個々の最適化モデルは多く見られるが、各部門間の相互作用や一般的に行われている順次意思決定や同時意思決定の効果について研究を行う必要があるとして、マーケティングに関する意思決定変数として広告と価格を設定し、その需要反応関数に線形モデル、生産計画にはHMM Sモデルを採用した同時意思決定モデルを構築し、さらにそれを分割して解くことによって順次意思決定モデルとした2つのモデルで同時意思決定の有用性を確認しようとしている。

解析的研究にしても計画を志向した研究にしても評価基準は、コスト最小化もしくは利潤最大化のどちらかである。これに対し、複数の目標を計画モデルに考慮しようとした研究として Bracken-McGill[14]の研究がある。彼らは、企業は利潤の最大化を第一の目標におきながらも少なくとも各製品について最小の指定された市場占有率を競合者との共同行動に逆らっても達成することを望んでいるとの仮定の下に、複数製品、単一期間条件下で生産レベル(単位)とマーケティング・レベル(単位)を最適決定する非線形数理計画モデルを提案している。利潤と市場占有率を具体的な目標として取り上げているが、市場占有率に関する目標は制約条件に考慮しており、形式的には単一目標の計画モデルである。

以上、生産計画とマーケティング・ミックスに関わる意思決定変数を同時に最適計画する研究であるが、関連する研究として、熟成製品の価格割引と生産率の研究[81]、プラスチック成形などのようにすべての部品がある一台の機械を占有する工程を持つ場合の生産計画を販売量とともに決定する計画モデルの研究[15]がある。

上述した研究は、主に計画モデル上では、生産とマーケティングの計画を同時的・統合的にかつ最適に決定しようとする。しかし、現状ではその職能の違いから、生産の意思決定に関わる部門とマーケティングの意思決定に関わる部門は独立の部門として存在しており、部門間の調停を経て最終的な計画が策定されるのが一般的である。このような現状を踏まえて、前述した Kunreuther-Richard[82], Dammon-Schramm[27], [28], Abad-Sweeny[1]の研究にも見られるように個別計画と同時計画の比較や部門間

調停問題を考慮した研究が行われている。Freeland[39] は、組織を有効に機能させるには生産部門（生産量）とマーケティング部門（販売促進活動と価格）の調停が大切であるとして、まず、経験に基づく定性的観点から、両部門間の調停に関する問題点を整理している。そして単期の簡単なモデルを用いて利益最大化なる目標下で両部門の調停に対して発生する交換情報に関する問題点を示唆する性質を導き出そうとしている。これら以外にも、部門を特定しないが、複数サブシステム間の調停メカニズムにおける研究指針を明確にしようとした Sweeney 等 [141] の研究、下位部門と上位部門で交換される情報を修正して最適に近づける上位部門の管理方策に関する濱田 [46] の研究、製品構造、組織、市場が階層的構造をとる場合について、その調停の行い易さ、調停回数、コスト等について定性的な研究を行っている Malone[96] の研究はこの分野の研究に示唆を与える。

さらに最近見られる研究として、生産部門とマーケティング部門の従業員に対するインセンティブの与え方に焦点を当てた研究がある。Porteus-Whang[120] は、プリンシパル・エージェンシー理論 [125] を用いて、総利益が最大となるマーケティング部門と生産部門に企業経営者が与える最適インセンティブ（給与に限定）を求める問題を解析している。インセンティブは生産部門においてはその生産能力（2次関数）に影響し、マーケティング部門においては販売量（2次関数）に影響するというものである。販売量とインセンティブの関係は理解できるが、生産能力がインセンティブによって変化するとの考え方は機械生産が一般化する中、説得性がない。この研究は同様の理論に基づく Harris 等 [47] の資源配分問題にヒントを得ている。しかしインセンティブと言う評価基準だけで計画を評価するのは無理があるが、経営においてインセンティブは重大な関心事だけに今後の研究分野であると言える。

以上、本論文の主旨に関わる研究履歴を紹介した。制御理論を中心とした解析的研究および生産の平滑化に特化した研究以外には大きな研究の流れはなく、その他はさみだれ的に研究が行われて来ていると言える。この分野において求められる今日的研究課題は、前節で議論したように、経営計画の中での位置づけを明確にし、計画の方略性、計画の多目標性を考慮できることである。Tuite, Peterson, Leitch, Thompson-Proctor, Bracken-McGill の研究に見られる価格の割引方策、広告方策、市場占有率などの考慮は、計画の方略性を考慮していると言えるが、どの研究も一つの方略を取

り上げているに過ぎない。また Bracken-McGill の研究は計画の多目標性を考慮しているが、形式的には単一目標モデルであり、優先順位が異なるときには対処できない。従って今日的課題に対処する総合的研究、特に計画を志向した研究は見あたらず、本論文はそれを志向する。

1.4.2 実務システムの現状と課題

実務においてはC I Mの概念は生産と“販売”の統合化を目的としている [163]。現状のシステム開発は、1.2 節で述べた (ii) の在庫の低減、販売状況の迅速な把握、顧客への迅速な納期の照会、納期の短縮など主に物流に関わるシステムを中心に行われており、(i) の技術情報に関わるシステムは、今後の情報技術の進展に依存することから実験段階にある。ここでは、(ii) に関わるシステムの現状と今後の課題について述べる。

顧客から注文情報を受けてオーダーとして登録する業務をオーダー・エントリー (Order Entry) と呼ぶが、それはデータ・インプット、インプット・チェック、制限条件チェック、在庫引当、価格設定、受注登録などの手続を伴い [70]、さらにこれらの一連の業務を支援するシステムをオーダー・エントリー・システム (Order Entry System) と言う。また、買い手側で発行した原票が売り手側に渡り、再度買い手側に戻って来るターンアラウンド処理をコンピュータを介して行うことを前提としたE O S (Electronic Ordering System) が主流となりつつある。本来、E O Sは取扱品目や取引先が多いスーパーマーケットや量販店において、受発注の正確さと迅速化を実現する手段として米国で発展してきた技術である [65]。製造業の分野でもE O Sは有効なオーダー・エントリーの手段として普及し始めているが、受注情報のやりとりのレベルからさらに進めて、顧客が店頭でコンピュータと対話しながらオーダーメイド製品を注文するシステムが進展しつつある。このシステムの背景には、製造業の最終的な目標が、消費者の「自分だけの物を創りたい」というニーズに応えるとともに、製品を迅速かつ低価格で消費者の手元に届けることにあり、それを達成することにより顧客サービスの差別化を計ることが可能となるからである。このシステムは言わば製造システムと顧客のインターフェイスとして機能し、C I Mの要と捉えられている。製品の種類、流通構造、生産形態の違いによって、構築が可能なオーダー・エントリー・システムのレベル

はかなり異なるが、生産計画技術の発達は、イージーオーダーのレベルの受注が可能なオーダー・エントリー・システムを実現している。

オーダー・エントリー・システムの一例として自動車のオーダー・エントリー・システムがある [127]。このシステムの構築によって顧客の希望する仕様の自動車の納期を3週間から4日に減少できたと報告している。この他にも、オーダー・エントリー・システムにより生産と“販売”の統合化をめざし、C I Mの主軸とする多くの事例が報告されている [20]。

コンピュータ技術および通信ネットワークの発達は、顧客と製造現場との情報のリアルタイムなやり取りを可能にし、さらにM R PやJ I Tなどの生産計画技術と連携することによって需要情報もしくは顧客の発注情報は迅速かつ合理的に日程計画にまで展開できる時代となった。これらシステムは、見込み生産形態の製品であれば需要予測情報が、受注生産形態の製品であれば受注情報があれば、それ以降の処理は自動化されるにまで至ったことになる。しかしここで注意する必要があるのは、このシステムが最も効果を上げるのは需要が安定している状況のときである。幾分の変動は生産計画レベルで吸収できるが、季節要因に基づく大きな変動や突発的な変動には対処が難しい。間接業務自動化による費用削減効果、商品の迅速供給による顧客サービスの向上効果を発揮できないなら、膨大なシステムの開発投資が無意味となる。このような状況に対処するには、需要を安定させることが肝要であり、そのためには積極的な需要のコントロールが不可欠となる。また高度な技術開発投資を行って開発した製品を確実に市場に出し、その投資を回収する観点からもこの方策は重要である。これにはマーケティング力を向上させるとともに、生産との連携、つまり生産とマーケティングの統合化が重要な方策となる。現状では組織的にこの連携を強化することで対処していると考えられる。

以上のように急速に展開しているオーダー・エントリー・システムは、その効果を十分発揮しているとはいえるものの、生産と“販売”の統合化、つまり顧客の量的ニーズに受動的に対応するシステムであって、生産と“マーケティング”の統合化、つまり経営方略に沿うよう積極的に顧客ニーズをコントロールするシステムにまでには至らず、組織の人的連携の強化という行動指標が掲げられているに留まっている。今後の課題として生産とマーケティングの統合化を果たすシステムを構築するとともに、そ

これらの設計指針および計画手法の指針となる基礎的研究が必要であり、本論文はこの課題に焦点を当てている。

1.5 提起する統合計画モデルの基本概念

前節までの議論より、プロダクション・マーケティング統合計画を考える場合、次のような観点が重要である。

(1) 製造業の基盤である生産を安定させるため、または経営環境、市場環境の中で比較優位を確保する経営方略に沿うよう需要を積極的にコントロールすることを取り込んだ計画概念であること。

(2) 統合計画は設定した経営方略の効率的・合理的実行という点において必然的な計画概念であるとともに、経営方略を計画に取り込む必要があること。

(3) 益々複雑化する市場において企業の存続を維持するには、多目標性を計画において考慮する必要があること。

(4) マネージメント・サイクル内での合理的な計画過程の意思決定規範として満足化原理を採用すること。

本論文では、これらの観点に基づき数理的なプロダクション・マーケティング統合計画モデルを構築する。計画モデルでは、各要件に対して次のような数理的アプローチを採用するものとする。

既存の生産計画モデルの場合、需要は与えられているとの前提条件を設定するが、(1)の需要を積極的にコントロールすることを計画モデルに取り入れるため、マーケティング・ミックスの決定とその需要への効果を表現する反応関数を計画モデルに包含する。従って、計画モデルでは、マーケティングと生産に関する意思決定変数は設定した評価基準の下、両者の相互作用の後に決まる事になる。一般的に数理的な計画モデルでは、利潤最大化またはコスト最小化などの単一目的、最適化評価基準に基づく概念が採用されてきたが、(3)、(4)の多目標性、満足化原理を計画概念に反映させるため、目標計画法による定式化をその定式化の基本とする。また目標計画法による定式化は、(2)の要件である方略概念を定式化へ盛り込むことも容易である利点がある。

本研究で提案する計画モデルでは、以上のように、反応関数と目標計画法がその重要なモデル表現の手段となるが、それらにおいて、前者についてはマーケティングの重要な研究分野として、後者については特に欧米を中心として解法の開発および応用研究が行われており、次節において計画モデルの展開において必要となるその他の分野とともに研究の現状を紹介する。

1.6 要素計画と計画手法

1.6.1 生産計画

本論文で提案するプロダクション・マーケティング統合計画モデルにおいて生産計画は、マーケティング計画との調和において、製品をいつ、どこで、どれだけ生産するかを計画するだけでなく、市場の状況や今後の展開をにらんで立てられた経営方略を具現化した複数の計画目標を達成するために、必要な在庫量の決定、資材の調達も含んで計画することである。本研究は、生産計画そのものを研究対象としているわけではないので、本節では膨大な過去の研究成果の詳細には立ち入らないが、計画モデルの策定に関与する生産コストと生産量の関係、数理的全般的生産計画の手法について過去の研究成果を引用しながら検討する。

(1) 生産コストについて

生産量と生産コストの関係は、その厳密性および計画期間によって異なってくる。長期的に見れば、規模の経済性が働いて1個当たりの生産費用は徐々に減少するし [57]、学習効果によっても減少する [23]。しかし、短期的に見れば Walters[153] や Hold 等 [58] の研究成果では、生産コストは生産量に対して2次関数になると指摘しているし、一般的な全般的生産計画モデル [54] では、それを線形近似しているモデルも多い。本研究は、詳細な生産計画に焦点あてるものでないため、生産量と生産費用の関係は線形もしくは1次以上の次数を自由に設定可能な関数として表すものとする。

(2) 生産計画について

全般的生産量計画として、最も基本的な方法は、予測需要量が与えられたなら、それを満たすように、短期的には線形計画法による短期生産計画が、長期的には長期の計画期間を多期間として線形計画法を適用する方法がある [55]。数理的な全般的生産計画として行われている研究の多くはこの派生である [12]。近年の生産計画に関わる研究成果として、Hax 等の提案した階層的生産計画法 [49]、MRP [160]、OPT [10] などがあり、盛んに研究が行われている。本論文で提起するプロダクション・マーケティング統合計画モデルは、前章で述べたように極めて包括的レベルで適用することを念頭においていることから、生産部門の計画は、全般的生産量計画に止めるとともに、そのモデル化も一般的な古典的方法とする。

1.6.2 マーケティング計画

統合計画におけるマーケティングの役割は、設定した経営方略に基づき、市場における需要の掘り起こしや消費のコントロールを生産との調停を計りながら行うことにある。マーケティングに関する研究は、時代の要求にともない活発な研究が行われており、社会科学の重要な研究分野である。1985年のAMA (American Marketing Association) のマーケティングの定義によれば、「マーケティングとは、個人および組織の目的を満足させる交換を生み出すためにアイデア、商品、サービスのコンセプトづくり、価格付け、プロモーション、流通を計画し、実施するプロセス」としている [143]。この定義を反映するかのように消費者行動論、流通、マーチャンダイジング、マーケティング・ミックス、マーケティング情報システム等の分野において、心理学的、社会学的、経営学的、経営科学的アプローチの下に活発な研究が行われている。本論文で提起する計画モデルは、全般的レベルの計画モデルであるためマーケティングに関わる詳細計画にまでは至らない。生産との関連性で全般的レベルの計画として取り込むべきマーケティング・ミックス計画とその需要への反応の関係である。本節では、これに関わるマーケティング分野の研究を紹介するとともに、統合計画上での妥当なマーケティング計画の表現を考察する。

(1) 反応関数に関わる研究履歴

種々のマーケティング方策を施行しようとする場合、その効果を予め予測できるな

らば、市場や顧客に対していかなるマーケティング方策をいつどの程度施せばマーケティングに関わる目標を達成できるのかを計画できる。これはマーケティングに関わる予算の設定の観点からも重要な要件である。種々のマーケティング方策の需要への効果を表現する一つの手段が反応関数である。この他の手段やこれに関わる研究成果を含め紹介する。

反応関数に関する初期の代表的研究として Vidale-Wolfe[152] と Bass[7] の研究があり、後継の研究に多大な影響力を及ぼしている。Vidale-Wolfe は、販売量に及ぼす広告効果について数理的一般理論を導出しようとした。広告キャンペーンのデータ解析を行い、販売量と広告との相互関係を見ると、販売衰退定数 (Sales Decay Constant)、飽和水準 (Saturation Level)、販売反応定数 (Response Constant)[110] が有用であることを発見し、販売量と広告の関係を規定する一般理論式を導出している。一方、Bass は、新製品の販売量パターンに関する数理的モデルを構築しようとしたもので、Rogers[124] の考え方を基にしたものである。販売量の時系列を良く説明し、ピークを予測するには有用であるが、詳細を予測するには不十分である。しかし、その明快さから後継の多くの研究に多大な影響力を及ぼしている。

これら研究は、長期的なマーケティング方策の需要に対する反応の研究であるが、短期的な反応もしくは実務的にも扱い易い立場からは、回帰分析的研究が主であり、近年の研究としては次がある。

Bass[7] と Rao[122] は、反応関数に関する同定を、販売量に関する影響要因を広告だけに限定するのではなく、個人の自由に使える収入などのその他の外因変数を導入し、実データを用いて行っている。Beckwith[11] は、ブランドが複数ある場合のブランド間の反応関数の同定を多重回帰分析を用いて行おうとしている。Prasad-Ring[121] は、TV による広告と商品価格がブランドシェアにどのように影響するかを線形モデルを用いて調べ、価格、TV 広告、雑誌広告、新聞広告が互いに相関があることを確認している。また Eskin-Baron[37]、Eskin[36] は、同様の分析をテスト市場に対して行い、その結果を利用することを推奨している。Sunoo-Lin[140] は、TV 広告と販売促進活動の販売量への影響を多重回帰分析によって調べ、販売促進活動が最も重要であるとともに、相互に影響力を持ち、両方施行した方がしない場合より、38%販売量が増大するとの結果を得ている。

このような重回帰分析による反応関数は現在でも活発に研究されているが、近年では、広告が個人の消費選好に与える役割をモデル化し、そのモデルから反応関数を導出しようとする研究 [151]、反応関数のパラメータを市場の反応を考慮しながら動学的に自動決定していくモデルの研究 [95] なども行われている。

反応関数を考える上で無視できないのは、広告や各種マーケティング方策の累積効果である。連続的に広告や販売促進活動を施行するには膨大な活動資金が必要であることから、累積効果を考慮して波動的にマーケティング方策を施行する必要がある。また計画期ごとにマーケティング方策を設定する場合、今期の方策の次期への影響を予測できれば、次期の計画をより厳密にでき、このような観点から次のような代表的研究を始めとして多くの研究が行われている。

Koyck[80] は、広告の販売量に対する影響は等比級数的に減少するとして、その数理的モデルを明らかにし、広告を中心とする販売促進活動の累積効果について先駆けとなる研究成果を報告している。Tull[150] は、広告と販売量の関係に累積効果があるとするモデルを提案し、実績データで確認している。数式モデルは、販売量は、過去の販売量に依存する部分を含むとするモデルである。Bass-Clarke[9] は、Koyck のモデルを拡張した 6 つのモデルについて個々の妥当性の評価を回帰分析を用いて行い、Koyck のモデルのように限定するのではなく、状況にあったモデルを使用することを促している。Clarke[22] は、過去の 70 編ほどの研究成果から、累積効果の長さを導出する事を試み、広告の累積効果は低価格の製品によく見られ、3～9 カ月以内に生じているとの結論を得ている。Dhalla[31] は、過去の研究の研究成果から、産業種別の広告の累積効果、価格弾力性、各種要因の販売量への影響等について調べている。その結果から、モデルの運用方法として、過去のデータ（ない場合は、テスト市場で収集）を収集し、モデルを適用して統計分析を行い、モデルを修正し、そのモデルを広告費等の最適化に利用するのがよいとしている。小森 [75], [76] は、広告の累積効果に関する一連の研究を収集、調査しており、その中で一部の小売広告やその他の特殊な広告を除いて例外無く累積効果があると述べている。Magat[94] 等は、累積効果の認識が最適広告支出の決定に如何に影響するかを調べている。結論として、販売量への広告効果の大きい製品ほどその認識が必要であるとの結論を得ている。Bultez-Naert[17] は、累積効果の認識の程度が売上にどのように影響してくるかを実証データを基に研

究している。

反応関数の種々のモデルに関する研究とともに、それらを実務上役立たせるためには、反応関数のパラメータを同定する必要がある。一般的には過去のデータを用いた回帰分析的手法に経験を考慮して設定するのが通常である。この分野に関連する研究として、次のものがある。

Nakanishi-Cooper[103] は、消費者の店舗選択モデルのパラメータ推定に関して最小二乗法に基づく推定法を提案している。Wittink[162] は、重なりあう地域がある複数の販売地域を持つ場合の個々の地域向けの広告反応関数パラメータの推定に個々の地域の価格弾力性を組み合わせて推定を行う方法を提案し、その効果を確認している。Perkins-Rao[115] は、マーケティングにおける情報の利用状況について調査研究をしており、販売促進活動等の構造化された意思決定では、その利用が高いが、新製品の開発、市場への導入等の意思決定では経験が重要視される。従って後者については経験者が初心者と比較して有用であり、さらに情報等の利用についても優れていると指摘している。Sethuraman-Tellis[133] は、広告と価格の需要弾力性について理論的、実証的両面から研究し、需要の価格弾力性は広告弾力性の平均で20倍あるとの具体的な数字を示しており、さらに品質、販売促進活動、累積効果、ライフサイクルとの関係など種々の面からそれらの知見を得ることを試みている。Murphy-Tatham[100] は、製品の販売に先だって新製品のテスト、広告や販売促進活動の効果等を知るためのテスト市場の設定法について数理的モデルを提起している。

以上、マーケティング方策の需要への効果を数理的に表す反応関数の研究成果について述べてきたが、広告効果や販売促進活動効果についての定性的研究も数多く行われており、前述した研究に基本的アイデアを提供している研究も多い[138]。広告効果に関する定性的研究は、古くから行われており、マーケティングにおける研究の重要な位置づけにあるが、本節の主旨からは離れることより省略する。

本論文で構築する統合計画モデルでは、マーケティング・ミックスの決定とその需要への効果を表現する反応関数を導入する。詳細かつ厳密な反応関数は、不確実性要因を扱わなければならないマーケティングの特質から、さらにこの分野の研究が営々として行われ続けていることからわかるように、不可能と言っても過言ではない。しかし、過去における研究成果は反応関数を考える上において次のような基本要件を

取り上げる必要がある。

(i) 広告や販売促進活動には累積効果がある。

(ii) 実務的には比較的単純な関数形がパラメータ同定に際して便利である。

本論文で提起する統合計画で用いる反応関数は、統合計画自体がプリミティブな計画であることを考慮して、これらの要件を最低限確保した定式化とする。

以上、過去の学術的研究を基に計画モデルにおいて重要な役割を果たす反応関数の定式化について模索してきたが、実務的にも特に通信ネットワークの展開を含めた情報システムの発達とともに、ビデオ・リサーチ社などが広告効果・予測システム、市場調査システム、テレビCM評価システムなどを構築している [66] ことに見られるように、今後のこの分野のシステム構築は益々進展するものと考えられ、マーケティング方策のリアルタイムな評価測定が可能になるとともに、積み重ねられてきた研究成果が開花するだけでなく、より厳密な予測が可能となると思われる。

(2) マーケティング・ミックスに関する研究

マーケティング・ミックスは、マーケティングに関する意思決定事項：価格、流通、製品、コミュニケーションを総合的見地からいかに組み合わせて施行するかを決定する全般的マーケティング計画とも呼べる。外的要因に左右される上、マーケティング活動自信が人手によることが多いため、経営目標を忠実に達成する方策を策定するのは至難の技で、実務的には経験によることが多いが、種々の個別マーケティング方策の効果に関する実証的研究はこの分野にも大きな知見を与えている。ここでは、マーケティング・ミックスの研究に関連すると考えられる経営科学の分野の研究成果を概説し、本論文で提起する計画モデルにおけるマーケティング・ミックスの取扱いについて考察する。

マーケティング・ミックスに関する最も基本的な理論として Dorfman-Steiner 理論 [78], [34] がある。それは、利潤最大となる価格、流通、広告、生産量、品質の必要条件を明らかにしようとしたものである。Gupta-Krishnan[45] は、これを拡張し、市場が競合条件下にある場合の最適価格、広告支出等を、市場がマーケティング・ミックスに依存しない場合や広告のみに影響される場合などの4つの条件下で求めている。Balachndran-Gensch[5] は、より緻密な最適マーケティング・ミックス・モデルを構築

するため、マーケティング・ミックスの構成要素となる企業の操作可能変数と操作不可能変数を分類整理して、それらを基に幾何計画法による最適マーケティング・ミックス・モデルを提案している。企業の操作可能変数として挙げられているのは、広告支出、店内販売促進活動、価格、卸や小売りへの割引率、製品の有効性、顧客サービス、パッケージング・アピール、品質などである。

これらは、最適化モデルもしくは抽象的最適化解析であるが、実務に供し意思決定支援システムとして機能させることを目的とするため、Little[92], [93] は、自社マーケティング、競合他社マーケティング、市場状況をシステムモジュールとして記述し、自社の最適マーケティング・ミックスをシミュレーションによって探るコンピュータ・モデルを作成している。また Pessemier[116] は、PLANOPT と呼ばれるシミュレーションによって最適マーケティング・ミックスを模索する対話型コンピュータ・モデルを提案している。

一方、実証的研究として、Lilien[89], [90] は、マーケティング部門の予算のレベルおよびその広告と販売員の販売活動への配分比率と市場の大きさ等の市場の状況の相関を実データを用いて調べている。その結果、広告費の変化は、市場占有率、製品計画、競合者の数などに左右されると述べている。

マーケティング・ミックスを構成する代表的要素意思決定事項に価格や広告がある。これらに焦点を当て、最適計画を志向する研究があるが、大きな流れとして、Nerlove-Arrow[106] が提案した最適制御理論に基づく最適広告支出モデルに関する流れと微分ゲームによる競合条件下の最適広告支出軌道の解析研究の流れである。

前者の流れをくむ研究として、Sasieni[129] は、Nerlove-Arrow のモデルを用いて広告支出率と販売量の変動率が相関を持つ場合の広告支出の最適方策を導出しようとしている。Bultez-Naert[16] は、Nerlove-Arrow[106] の定式化を拡張して、種々の累積効果に対する最適広告予算を決定するための意思決定規則を導出しようとしている。Dockner-Jørgensen[33] は、新製品の最適広告支出を解析するため、Nerlove-Arrow の最適制御理論に基づく定式化に Bass 等の新製品販売の因果関係数理モデルを組み込んだ新たな定式化を行っている。

後者の微分ゲームの応用研究の流れの前段階として、一般ゲーム理論の応用に基づく Freidman[40], Shakun[135] の研究があるが、1970 年以降は時系列解析が可能な微

分ゲーム [67] の応用が主流で、競合条件下の最適広告支出の解析に微分ゲームを適用している。この分野の先駆けとなった研究は Sethi[132] であり、Vidale-Wolfe が提案した販売量と広告支出の関係式を基に最適制御理論を用いて、状態方程式が線形であることよりグリーンの定理を用いて動学的最適広告支出を導出しようとした。Deal[29] は Sethi[132] のモデルを寡占市場に拡張し、微分ゲーム [18] を用いて定式化および最適となるための必要条件を提示している。Jones[68] は Deal[29] の状態方程式を線形から非線形に拡張し、Hysteresis 現象⁵を説明しようとした。Teng-Thompson[145] は、Deal[29] のモデルを3社以上の競合条件下に拡張するだけでなく、生産費用が計画期間の間一定とする仮定から逡減するとの仮定に拡張しているが、他社が広告支出を固定するとの条件を入れて数値実験を行っている。Karnani[69] は、定式化は一連の微分ゲームによる最適広告支出モデルと同じであるが、需要パターンにライフサイクルのパターンを与えたときの最適マーケティング支出のパターンを導出して、ライフ・サイクル上のマーケティング方略を考察しようとしている。Nguyen[107] は、広告に対する販売量が不確実性下において意思決定者の態度が Neumann-Morgenstern タイプの効用関数に従う場合の最適広告支出を解析している。際だった結論は得られていないが、不確実性下の場合、企業はそのリスクを最小にするように情報の収集を行うと述べている。Wernerfelt[158] は、価格の時間的変化と企業規模が市場占有率、広告支出に与える影響について微分ゲームを用いて研究している。結論として、企業規模が大きければ価格をプロダクト・ライフ・サイクルの初期の段階から下げることができ、その結果として、市場占有率が増大するが後期になるとそのメリットが減って下がること、価格を低く設定できるならば、広告支出を低く抑えることができるとの解析結果を得ている。その他の研究として、Dirven-Vrieze[32] がある。

上記以外にも、Welam[157] は、最適広告支出および価格を解析するための単純なモデルを構築し、前期販売量に比例する広告支出を設定することが近似最適方策となることを示唆する研究を行っている。またこの分野の今後の有用な研究手段として多段階因果連鎖モデルがある。直結的な反応関数を用いた広告費予算決定モデル（集計モデル）は、新製品については過去の広告費と売上高の関係を示すデータが存在しないことから、不適であるとの理由で、消費者が購入に至るまでのプロセスをモデルに組み込んだ

⁵販売量が平衡点にある時、パルス的な広告をすると少し経って販売量がより高次の平衡点に移る現象

多段階因果連鎖モデルが新製品広告キャンペーンに関わる広告費予算の設定に有用であるとの理由で数種のモデルが提案されている [128]。前述の Dockner-Jørgensen[33]の研究もこれに該当する。

以上、マーケティング・ミックスに関わる主な研究履歴を紹介してきたが、Dorfman-Steiner の研究成果が基本であり、そこから大きく飛躍した研究は少ないと言える。Nerlove-Arrow モデルの拡張にしても、微分ゲームの応用にしても解析的に解ける問題は限られ、そのことが扱う問題を限定している。生産に関わる要因を考慮して統合計画を志向する展開も Teng-Thompson 以外見られない。市場の競合条件下での最適マーケティング・ミックスを求めようとする研究は微分ゲームの応用として解析的立場では行われているが、計画を志向する観点からは Little のシミュレーション・モデルに見られる程度である。統合計画モデルにおけるマーケティング・ミックスの取扱いを考察する上において考慮すべき点は、マーケティング・ミックスの要素意思決定事項と市場の競合条件の取扱いである。統合計画がプリミティブな計画であることや過去の研究成果を踏まえれば、取り上げる要素意思決定事項は価格の決定、広告を含む販売促進活動の予算決定で十分である。また煩雑な市場の競合条件を取り入れて計画モデルの適用領域を限定するよりも、本論文で提起する計画モデルを一翼とすれば、市場をシミュレートするコンピュータ・モデルをもう一つの翼として、相互補完的に計画を策定する Little が示したようなシステムを想定した方がその利用的価値から現実的あると考えられる。従って、提起する計画モデルにおいては市場の競合性は明確化しない。

1.6.3 経営目標と目標計画法

(1) 経営目標

経営目標は、前節のマネージメント・サイクル内での位置づけ、特に経営方略に基づく経営が問われる現代の経営において、抽象的ではない行動指標として重要な位置づけにある。利潤最大化、販売量最大化等の代表的経営目的の下、企業の行動に関する研究は経済学的アプローチによって盛んな研究が行われている [63]。経営学的には、実証的データを基に、Ansoff や Koppelman が企業目標について精緻な分析を行っている。Koppelman の目標体系を図 1.5に示す。

この図のように経営目標は、具体的諸指針まで含めると膨大になることから、常と同レベルでこれらをすべて考慮するにはいかない。経営方略との観点からどの目標を企業目標とするかが大きな関心事であり、その指針の1つとなるのがプロダクト・ライフ・サイクル（以降、PLC と略す）の段階であると言われ、次のような研究が行われている。

Kotler[77] は新製品市場に数社が同時に参入するとして、各企業に経営方略を与え、各段階での市場成長率を与条件としてシミュレーションを行い、各方略のもたらす利潤、市場占有率などを比較して、各方略のもたらす効果について検討している。その方略とは、例えば Non-Adaptive Strategy, Time-Dependent Strategy, Adaptive Profit-Maximizing Strategy など9種の方略であるが、結果として、相手を惑わすような方略が良いとの知見を得たと報告している。Simon[139] は、Kotler の導出した広告弾力性、価格弾力性などが経験値と一致するかを議論し、競合者が同じ方策を取ると仮定した上で最適価格方策を導出している。

PLC が経営方略の上からも重要との認識が高まると、その段階を同定する研究も行われた。例えば、Cox[24] は、PLC の各段階を同定する売上高による定量的尺度を提案して、それを用いて段階を同定し、マーケティング方策を施行することを提起している。また、薬品についてのデータを収集して PLC のタイプの出現頻度を調査している。Polli-Cook[118] は、成長率の分布から、段階の同定を行うことを提案するとともに、各段階でのマーケティング方策について一般的な議論を行っている。

このような PLC があることを前提とする立場に反論する研究として次のものがあり、注目されている。

Dhalla-Yuspheh[30] は、PLC の概念は、方略決定の際に重要と考えられてきたが、販売量は、マーケティング活動に応じて決まるもので、これは販売量曲線の多くのデータが PLC の典型的な曲線に載らないことから明かである。従って、PLC の概念などに拘らず、過去のデータから広告に対する市場占有率の変化などを算出しようとする Marketing-Communication Models などを用いて販売促進活動を行うことが有用であると述べている。Tellis-Crawford[144] は、製品のたどる道を PLC として限定してしまうよりも、経営方略によってその道が決まっていくとする PEC(Product Evolution Cycle) の概念を提起している。この概念においては、販売量は3つの motivating

目標の重層構造

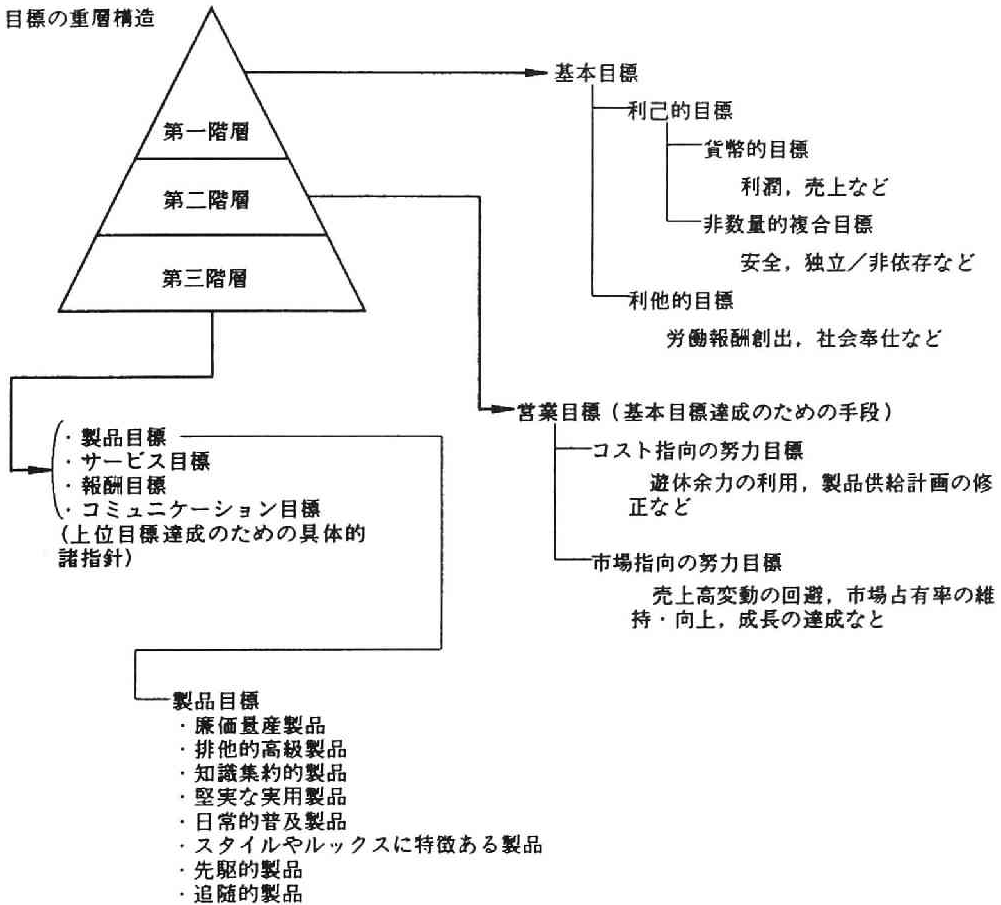


図 1.5: Koppelman の目標体系

forces(generative force, selective force, mediative force) に依存し、取るべき方略も market dynamics に応じて変更していくべきとの立場をとる。

以上、後者の PEC の考え方は、一般的には納得する考え方であるが、製品の変更等を考えない場合や当面の計画における種々の経営目標の設定においては PLC の段階は一つの指標になると考えられる。本論文でも 2 章においてこれに基づく計画モデルを提起する。

(2) 目標計画法の解法

本研究で提起する計画モデルの意思決定環境は、上位レベルで設定された経営方略を実行する生産とマーケティングに関わる全般的計画を総合的・同時的に策定することである。そこで経営方略は複数の具体的な達成すべき評価基準と目標値および優先順位が示され、意思決定規範として満足化原理を用いる。このような意思決定環境をモデル化するのは、目標計画法が有用と考える。

目標計画法は、Charnes-Cooper[19]によって提唱され、井尻[62]、Ignizio[60]、Lee[85]によって発展し、多くの分野に適用が試みられている[91]、[142]。線形目標計画法の基本的解法アルゴリズムはこの時代までに開発され、それを受けて瀬見[130]は、線形目標計画法の解法アルゴリズムを比較し、Ignizio、Schniederjans-Kwak の方法に差は見られないが、Lee の方法は幾分冗長であると述べている。近年では解法アルゴリズムをより使いやすいものとするため、その相対問題を一般的となった線形計画法のプログラム・パッケージを用いて解く方法が Ignizio[61]によって提案された。それは目標計画法をより身近な意思決定手段とする可能性が出てきたことから注目され、その方法を確実なものとするため、修正論文[26]も報告されている。また Narasimhan[105]等は、線形目標計画法をさらに使い易くするため、ファジィ集合の概念を導入している[131]。

目標計画法を多目的計画問題を解くための一解法として述べることもあり、そこでは複数の目標およびそこに設定されている優先順位をスカラー化などして単一目標問題として解く場合の種々の解法が述べられている[104]。しかし、スカラー化すること自体、目標計画法の持っている意思決定規範の意味をなくすことになる。

線形目標計画法については以上のように多くの検討がなされてきている。しかし非

線形目標計画法の解法については Ignizio が一解法を述べているに過ぎず、今後の開発が望まれる。また、整数計画法については、Ignizio, Lee, Musa-Saxena が基本的な解法を提示しているものの、計算時間の点などから不十分であり、本論文では、5章のプロダクト・ミックスに関わる計画モデルの解法として 0-1 型目標計画法の解法を 6 章において提案する。

1.7 各章の意義と概要

本論文では、生産部門とマーケティング部門の計画を統合的、同時的に策定するプロダクション・マーケティング統合計画モデルを構築する。論文の構成は次の通りである。

第 2 章では、特に計画の方略性について焦点をあてた線形計画モデルによる静学的多期間統合計画モデルを構築し、計画モデルの有効性を示す数値計算例を提示する。

第 3 章では、計画の多目標性に焦点を当てるとともに、生産部門、マーケティング部門だけでなく、資材調達部門や財務部門の計画を取り込み、プロダクション・マーケティング統合計画に対処する目標計画法の定式化に基づく静学的多期間統合計画モデルを構築する。計画問題は非線形計画問題となるが、限定した目標間の優先順位の下での解法を提案するとともに、計画モデルの有効性を示す数値計算例を与える。

第 4 章では、市場環境が不確実性を伴う状況に対処でき、さらに複数の目標が設定されている場合に対処する 2 種類の動学的多目標統合計画モデルを構築し、その解法を与える。また提起した 2 種類の計画モデルの有用性を確認するため数値実験を行う。

第 5 章では、近年の市場環境として製品のライフ・サイクルの短命化が挙げられるが、その環境下では、現有の製品をいつ市場から撤退させるのか、またいつ新製品の生産・販売を開始するのかは、生産部門にとってもマーケティング部門にとっても重要な課題であるとの認識の下に、プロダクト・ミックスを統合的観点から決定する動学的多目標統合計画モデルを構築する。計画問題は非線形整数目標計画問題として定式化するが、この問題の意思決定環境を反映させた解法を提案し、数値例を与える。

第 6 章では、第 5 章の動学的製品選択計画の問題は、0-1 型の目標計画問題を解

く事になるが，それを効率的に解くため，Musa-Saxena の解法を改良した解法アルゴリズムを提案する．さらに提案したアルゴリズムの有効性を示すため，数値計算例を示す．

第 7 章では，結論として，本論文の総轄を述べる．

第2章 方略的販売目標を考慮した利潤最大化計画モデルの構築

2.1 緒 言

近年の技術革新の著しい進展や消費者の要求の多様化・不安定化は、製品の多様化のみならずライフ・サイクルの短命化を招いている。これに伴い、需要の安定期は短くなるばかりでなく、将来の不確実性が増大することから、生産・在庫管理は益々困難となりつつある。また市場では企業間競争が激化するため、活発なマーケティング活動が必要となる。このような経営環境に対処するには、短期の利潤最大化目標だけでなく、外部環境に十分対処でき、長期的に見て利潤が最大となる方略的販売目標をかかげることが肝要である。本章では、特にこの方略性に焦点を当て、生産部門とマーケティング部門の計画を統合的に策定する計画モデルを構築する。

計画モデルの対象とする企業は、見込生産型企业とし、単一製品を生産・販売している場合を考える。前述の製品のライフ・サイクルが短命な市場環境を考慮するとともに、そのライフ・サイクル内での生産とマーケティングに関わる方略を包括的に施行するため、計画期間として、新製品の導入開始時期からその製品のライフ・サイクル終焉に至ると考えられる時期までの計画期間を設定する。掲げる方略的販売目標として、計画期間の早期に総売上上の比較的多くを確保することを目指す目標を掲げるものとする。この目標は、Kotler[77]が言うように競合企業を攪乱する方略であり、また新製品の販売の場合、リスクは多いけれども市場占有率の早期確保と利潤獲得のための有用な方略でもある。計画モデルでは、この目標が達成された上、利潤が最大となるよう計画の策定を行う。計画モデルは線形計画モデルとして定式化し、計画モデルの有効性を示すため、数値計算例を与える。数値計算例では、計画期間内において起こるであろう不測の事態を想定した計画事例を示し、掲げた方略的目標に係わる設定事項についての知見を得る。

2.2 計画モデルの構築

2.2.1 モデルの前提と定式化

計画モデル全般にわたる前提

本論文では生産部門とマーケティング部門の計画を統合的に策定する。計画モデル全般について次の前提をおく。

- (1) 見込み生産型企業を対象とし、単一製品を生産・販売する場合とする。
- (2) 計画期間として、次の期間を設定する。

計画原点：新製品の導入開始時期

計画終点：ライフ・サイクル終焉と考えられる時期

ライフ・サイクルを特定することは容易ではないが、Dhalla-Yuspheh[30]のPECの考え方を利用すれば、それを予め特定することもマーケティングに関わる方略と見なすことが可能である。

- (3) 計画期間は多期間であり、その指標を t ($t = 1, 2, \dots, H$) とする。
- (4) 生産は $t = 1$ 期より開始（計画原点）し、販売は $t = w$ ($1 < w < H$) 期より開始する。

マーケティング部門

一般にマーケティング部門には、その活動に要する予算が与えられ、その予算を有効と考えられるマーケティング方策に割り当てる。本章の計画モデルでは概略的観点からマーケティング部門の活動をその基である販売促進活動に限定し、その予算の決定だけを、以下の前提に基づいて行う。その過程において、予測販売量を後述する前提(3)に定義する反応関数：式(2.1)で予測する。

- (1) 販売促進活動は $(w - 1)$ 期以前にも行われ、そこでの予算をまとめて m_0 とする。
- (2) w 期以降の販売促進活動の予算は各期ごとに決められ、 m_t とする ($t = w, w + 1, \dots, H$)。

(3) t 期予測販売量 q_t は販売促進活動の予算に対して線形性を仮定し、過去 $(t - \nu)$ 期までの販売促進活動に持続効果があるものとして、次式で定義できるものとする。

$$q_t = q_{0t} + \beta_{t1}m_t + \beta_{t2}m_{t-1} + \cdots + \beta_{t,\nu+1}m_{t-\nu} + \beta_{t0}m_0$$

$$(t = w, w + 1, \dots, H) \quad (2.1)$$

q_{0t} : マーケティング活動（販売促進活動）によらないで得られる t 期予測販売量

β_{t0} : m_0 によるマーケティング活動（販売促進活動）が t 期予測販売量に及ぼす効果

β_{ts} : $(t - s + 1)$ 期のマーケティング活動（販売促進活動）が t 期予測販売量に及ぼす効果。但し、 $(s = 1, 2, \dots, \min[\nu + 1, t - w + 1])$

以上の前提を基に、マーケティング部門に関する費用 C_{MK} を次式で与える。

$$C_{MK} = c_{MK0} + m_0 + \sum_{t=w}^H m_t \quad (2.2)$$

c_{MK0} : マーケティング部門に関する計画期間内の総固定費

以上のような多期間にわたる計画の問題の定式化の場合、割引率を入れて定式化するのが一般的であるが、本章においては、割引率を考慮するしないに関わらず問題の構造、解法には変わらないことから、簡単のために省略する。

生産部門

生産部門の計画には生産量計画、在庫計画、資材計画、工程計画などが含まれる。計画に際し、マーケティング計画との均衡において導出した販売すべき量を満足する生産量を時間適応や外注適応によって確保するだけでなく、適切な在庫量を持つことにより生産の平滑化を行う必要がある。計画モデルではこの点に重点をおき、以下の前提に基づいて、各期の正常、残業、外注生産の生産量および在庫量を決定する。なお資材調達などに伴う変動費は本章では固定費の中に含めて考える。

(1) t 期に販売する製品は、 $(t-1)$ 期までに自社生産および外注生産によって必ず生産する。かくして次式を得る。

$$\sum_{s=1}^{t-1} (x_{st} + x'_{st} + x''_{st}) = q_t \quad (t = w, w+1, \dots, H) \quad (2.3)$$

x_{st} : t 期販売のための s 期正常生産量

x'_{st} : t 期販売のための s 期残業生産量

x''_{st} : t 期販売のための s 期外注生産量

(2) 各期の正常，残業，外注生産には生産能力 X_t, X'_t, X''_t ($t = 1, 2, \dots, H-1$) が存在する。従って次式を与える。

$$\sum_{t=w}^H x_{st} \leq X_s, \quad \sum_{t=w}^H x'_{st} \leq X'_s, \quad \sum_{t=w}^H x''_{st} \leq X''_s \quad (s = 1, 2, \dots, w-1) \quad (2.4)$$

$$\sum_{t=s+1}^H x_{st} \leq X_s, \quad \sum_{t=s+1}^H x'_{st} \leq X'_s, \quad \sum_{t=s+1}^H x''_{st} \leq X''_s \quad (s = w, w+1, \dots, H-1) \quad (2.5)$$

(3) t 期に販売する製品は $(t-1)$ 期までに生産されるが、生産する期および販売する期における在庫費用は考慮しないものとする。

以上の前提を基に、生産部門に関する費用 C_P を次式で与える。

$$\begin{aligned} C_P = & c_{P0} + c_m \sum_{t=w}^H q_t + \sum_{t=w}^H \sum_{s=1}^{t-1} (c_{pt} x_{st} + c'_{pt} x'_{st} + c''_{pt} x''_{st}) \\ & + \sum_{t=w}^H \sum_{s=1}^{t-2} \left(\sum_{k=t+1}^{t-1} c_{hk} \right) \cdot (x_{st} + x'_{st} + x''_{st}) \end{aligned} \quad (2.6)$$

c_{pt} : t 期の製品 1 個当たりの正常生産費用

c'_{pt} : t 期の製品 1 個当たりの残業生産費用

c_{pt}'' : t 期の製品 1 個当たりの外注生産費用
 c_{ht} : t 期の製品 1 個当たりの在庫保管費用
 c_m : 製品 1 個当たりの資材費用
 c_{P_0} : 生産部門に関する計画期間内の総固定費

製品価格と利潤

製品価格は一度設定すると、企業の信用維持などの点から容易に変更できない。本章ではこの点を考慮し、製品価格について次の前提を設ける。

(1) 製品価格 P は計画期間内において変更しない。

この前提の下に、計画期間内において得られる総利潤 R は次式で与えられる。

$$R = P \sum_{t=w}^H q_t - C_{MK} - C_P \quad (2.7)$$

2.2.2 計画の目標

本研究では次を計画の目標として設定する。

「計画期間内での利潤最大化」

さらに、この利潤最大化の過程で次の方略的販売目標を考慮する。

「計画期間内に得られる予測販売量の η % を計画早期の l 期 ($w \leq l \leq H$) までに販売する。」

この目標は次の方略的意味を持つ。

(a) 計画早期に積極的に販売量を確保することによって、計画期間後期の価格の低落や他社参入等によって発生する市場の不確実性を回避する。

(b) 計画早期に市場へ急速に製品を浸透させることによって、ブランドの知名度の向上を図る。

本研究では、まず方略的販売目標を達成することを目指し、それを達成した上で利潤最大化を目指すことになる。従って、上述の方略的販売目標は制約条件に考慮し、

利潤最大化目標を目的関数とする計画問題の定式化を次項において行う。

$$\sum_{t=w}^l q_t \geq \frac{\eta}{100} \sum_{t=w}^H q_t \quad (2.8)$$

なお、計画早期の l 期までを“優先販売期間”， η を“販売量達成率”と呼ぶことにする。

2.2.3 問題の設定と解法

以上より最適計画は次の数理計画問題に帰着し、最適解はそれを解くことによって得られる。

目標関数：

$$\text{式 (2.7)} \longrightarrow \text{最大化}$$

制約条件：

$$\text{式 (2.1)~(2.6), (2.8)}$$

決定変数： $m_0, m_t(t = w, w + 1, \dots, H)$

$$x_{st}, x'_{st}, x''_{st}(s = 1, 2, \dots, H; t = w, w + 1, \dots, H), q_t(t = w, w + 1, \dots, H)$$

パラメータ： $\eta, P, c_{MK_0}, q_{0t}, \beta_{t0}(t = w, w + 1, \dots, H)$

$$\beta_{ts}(t = w, w + 1, \dots, H; s = 1, 2, \dots, \min[\nu + 1, t - w + 1])$$

$$c_{P_0}, c_{pt}, c'_{pt}, c''_{pt}, X_t, X'_t, X''_t(t = 1, 2, \dots, H - 1)$$

$$(t = 1, 2, \dots, H - 1), c_{ht}(t = 2, 3, \dots, H - 1)$$

以上の数理計画問題は線形計画問題であり、シンプレックス法で解くことができる。

2.3 プロダクション・マーケティング統合計画システム

本章で考える計画モデルは、方略的販売目標を満足し、利潤が最大となるように、生産部門とマーケティング部門の計画を統合的に策定する統合的計画モデルである。その計画策定過程は、概略として図 2.1 のような流れをとる。

生産部門とマーケティング部門を統括する包括的上位部門は方略的観点にたち、次の事項を意思決定する。まず、外部環境情報、内部情報を基に、計画の対象とする製品のライフ・サイクルを推定し、計画期間 H を、販売開始時期 w などとともに設定する。一方原価見積などの内部情報だけでなく、対外的影響をも考慮し、製品価格 P の設定を行う。さらに、方略的意味 (a), (b) の観点にたち、より積極的な販売を指向する方略的販売目標を計画に考慮するため、優先販売期間 l の設定と、そこでの販売量達成率 η を決定する。

以上の意思決定事項は生産部門とマーケティング部門に伝えられる。マーケティング部門では外部環境情報の分析と意思決定者の経験と勘を基に、反応関数のパラメータを推定する。生産部門においては、主に内部情報を基に生産に関するパラメータの決定を行う。両部門でこのようにして決定されたパラメータは、方略的意思決定事項とともに統合計画モデルに入力され、最適計画を得る。計画は各部門に戻され、実行に移される。

2.4 数値計算例

構築した計画モデルの有効性と計画策定手順を示すために数値例を与える。

計画期間として 14 期間 ($H = 14$) を考える。図 2.2 に示すように、生産は第 1 期から第 13 期、販売は第 3 期 ($w = 3$) に開始され、第 14 期まで行われるものとする。優先販売期間として、第 3 期から第 6 期 ($l = 6$) までの販売期間全体の 3 分の 1 の期間を特定する。

優先販売期間での販売量達成率 η は、前述の方略的意味 (a) および (b) をよく検討して与える。一方、製品価格 P は内部情報と対外的影響を考慮して決定され、それは反応関数のパラメータの決定にも影響する。数値例では、 η および P を次のように

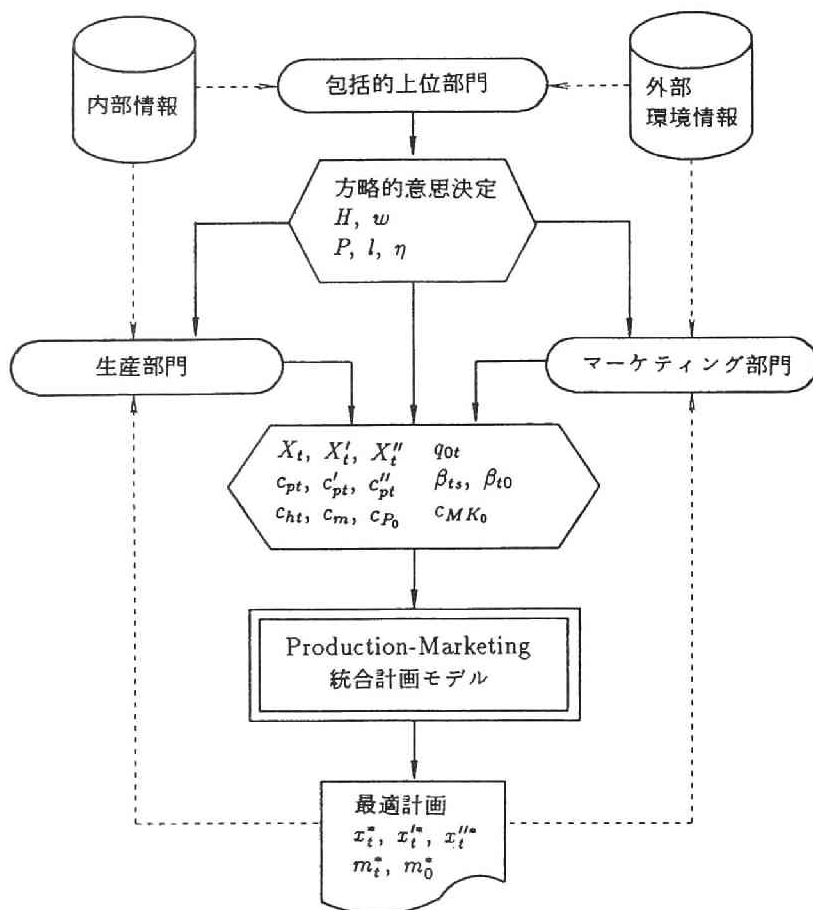


図 2.1: プロダクション・マーケティング統合計画の流れ

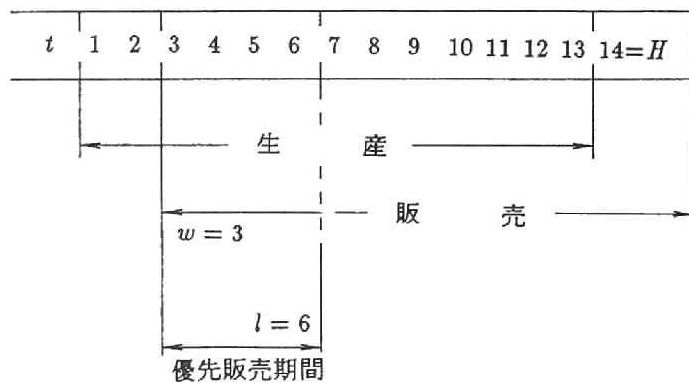


図 2.2: 計画期間に関する数値データ

表 2.1: 生産部門に関する数値データ

t	1	2~13	14
c_{pt}	700 [円/個]	—	—
c'_{pt}	900 [円/個]	—	—
c''_{pt}	1,500 [円/個]	—	—
X_t	3,000 [個/期]	—	—
X'_t	2,000 [個/期]	—	—
X''_t	1,000 [個/期]	—	—
c_{ht}	—	50 [円/個・期]	—
$c_m=500$ [円/個], $c_{P_0}=0$ [円]			

(注) — は数値が設定されないことを示す

与える.

販売量達成率 η : 50 [%]

製品価格 P : 2,500 [円/個]

生産部門に関する生産費用、生産能力、在庫費用などの数値データを表 2.1に示す. 生産費用は、正常、残業、外注生産の順に高くなるものとし、計画期間内での生産能力の拡張および縮小は考えないものとする.

マーケティング部門では反応関数: 式 (2.1) のパラメータを推定しなければならない. 市場ですでに販売している製品について、その販売促進活動に対する需要への効果測定が可能であったり、類似製品に対する過去のデータが存在したりする場合などはその利用も可能である. しかし、計画モデルは新製品導入期に適用すべきモデルであり、パラメータの推定は容易ではない. 本章では数値データを与えるに際し、式 (2.1) を次のように変形する.

$$q_t = q_{0t} + \lambda_t(\zeta_1 m_t + \zeta_2 m_{t-1} + \cdots + \zeta_{\nu+1} m_{s-\nu}) + \beta_{t0} m_0$$

$$(t = w, w+1, \dots, H)$$
(2.9)

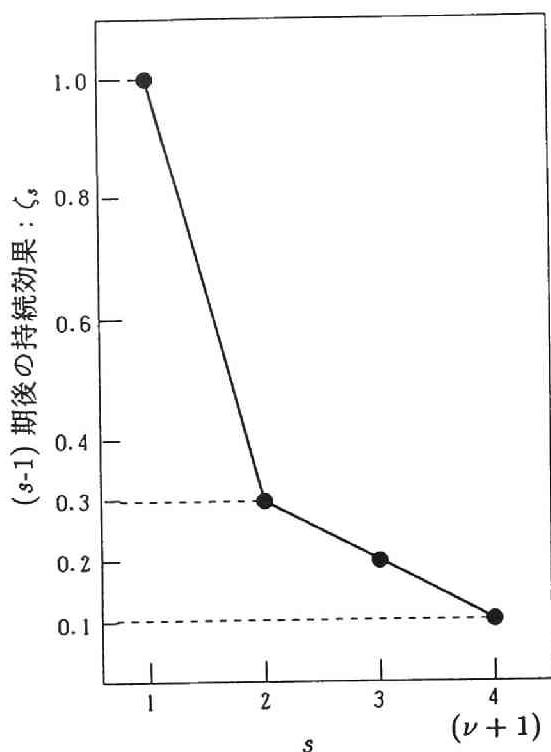


図 2.3: 販売促進活動の持続効果

ζ_s : マーケティング活動（販売促進活動）の $(s-1)$ 期後の持続効果

λ_t : マーケティング活動（販売促進活動）が t 期予測販売量に及ぼす効果

上式の販売促進活動が広告に大きく依存している場合など、その持続効果、ライフ・サイクル上の需要の広告弾力性等の推移に関する過去の定性的経験をパラメータの推定に加味できる利点を持つ。

数値例での販売促進活動は広告によるものとし、式 (2.9) のパラメータに対して数値を与える。販売促進活動の持続効果 ζ_s は、図 2.3 に示すように $\nu = 3$ 期後まで続くものとする。販売計画期間内における販売促進活動が需要量に及ぼす効果 λ_t は、図 2.4 のように逡減的推移をとるものとする。

式 (2.1) の β_{ts} は式 (2.9) と m_t の係数を比較することによって得られ、 q_{0t} などの必要データとともに表 2.2 に示す。

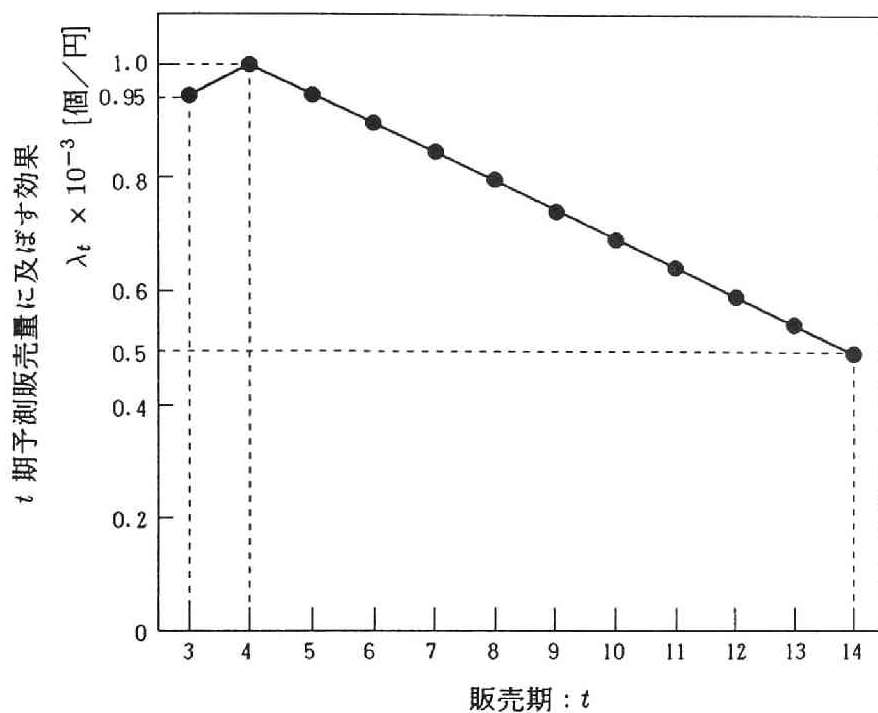


図 2.4: 販売促進活動が t 期予測販売量に及ぼす効果

表 2.2: 販売部門に関する数値データ

β の単位: $\times 10^{-2}$ [個/期]

t	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
q_{0t}	500 [個/円]											
β_{t1}	9.50	10.0	9.50	9.00	8.50	8.00	8.50	7.00	6.50	6.00	5.50	5.00
β_{t2}	—	3.0	2.85	2.70	2.55	2.40	2.25	2.10	1.95	1.80	1.65	1.50
β_{t3}	—	—	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00
β_{t4}	—	—	—	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
β_{t0}	2.85	2.00	0.95	0								
$c_{MK_0}=0$ [円]												

(注) — は数値が設定されないことを示す

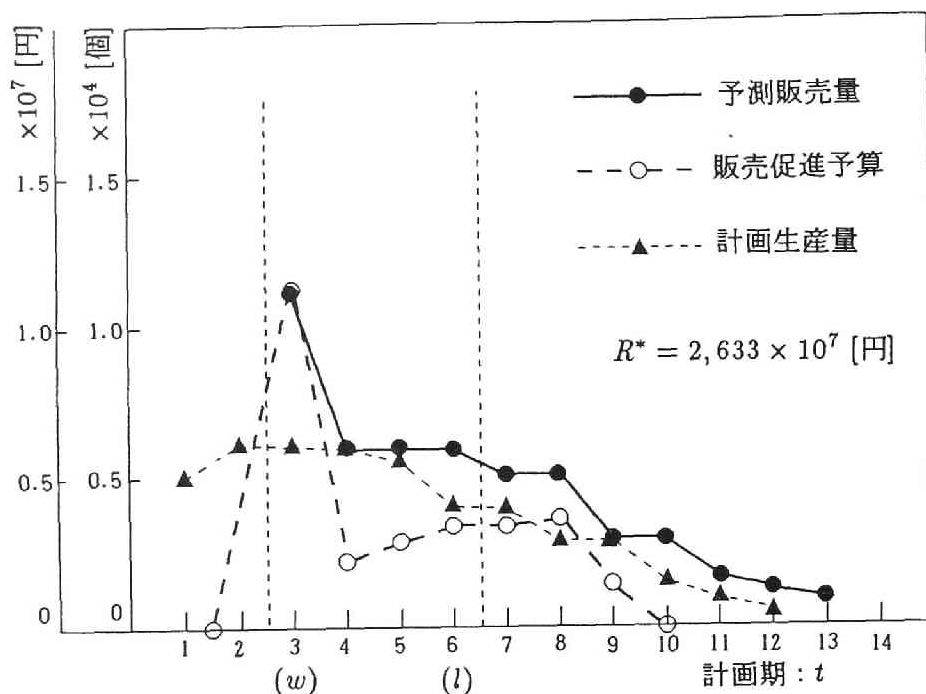


図 2.5: 数値計算例結果 ($\eta = 50\%$)

以上のデータを用いて、数値計算を行った結果を図 2.5 に示す。図では、計画期間内でののおのの計画量の推移をより明確にするため、離散値をあえて線で結んである。

さらに、優先販売期間での販売量達成率 η を 40 [%], と 60 [%] と設定した場合の結果を、それぞれ図 2.6, 2.7 に示す。

図 2.5, 2.6 に示すように、 η を 50% と設定した場合の最適計画は、40% と設定した場合のそれと比較して、優先販売期間でのより積極的な販売促進活動と、その活動によって得られるであろう販売量を機会を逸することなく確保するため、外注生産が必要であることを示している。その結果として、得られる総利潤 R^* は少なくなる。さらに、図 2.7 に示すように、 η を 60% と設定すると生産は計画早期へ大きく片寄って、外注生産に依存する割合はさらに大きくなり、 R^* はより少なくなる。 η の方略的意味を考慮することなく、利潤の最大化だけを計画の目標とした場合、 η を 40% として得られた計画が最良の計画ということになる。しかし、数値例では方略的意味 (a), (b) をよく検討し、 η を 50% と設定したのである。ここで方略的意味 (a) を検討する過程において、市場への他社参入や価格低落が漠然と予想され、 η の決定のさいにそのことが考慮されたとする。そして、それが現実にあった場合を考える。例えば優先

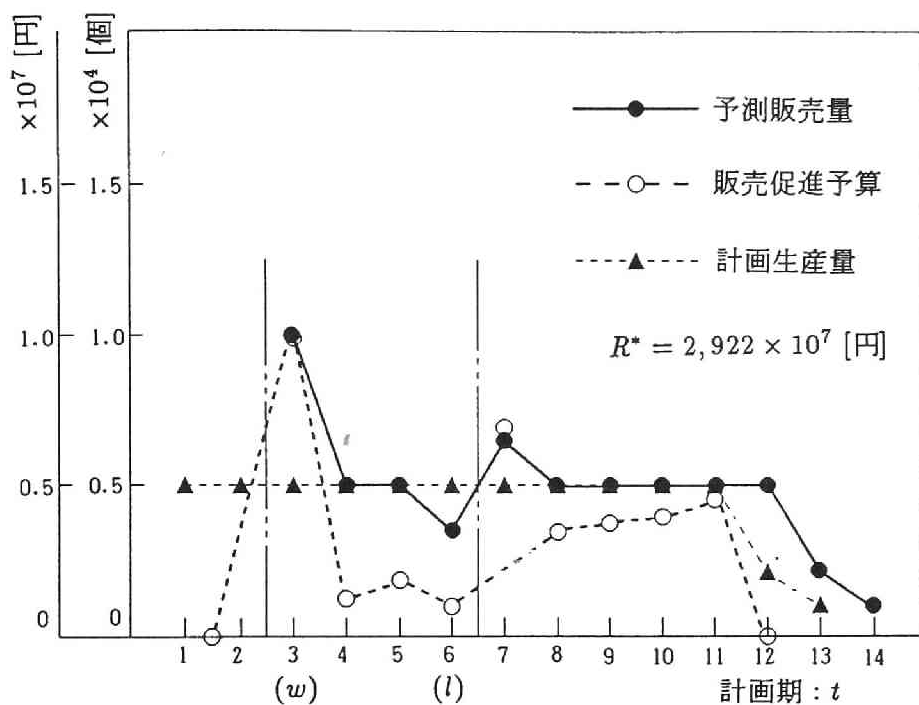


図 2.6: 数値計算例結果 ($\eta = 40\%$)

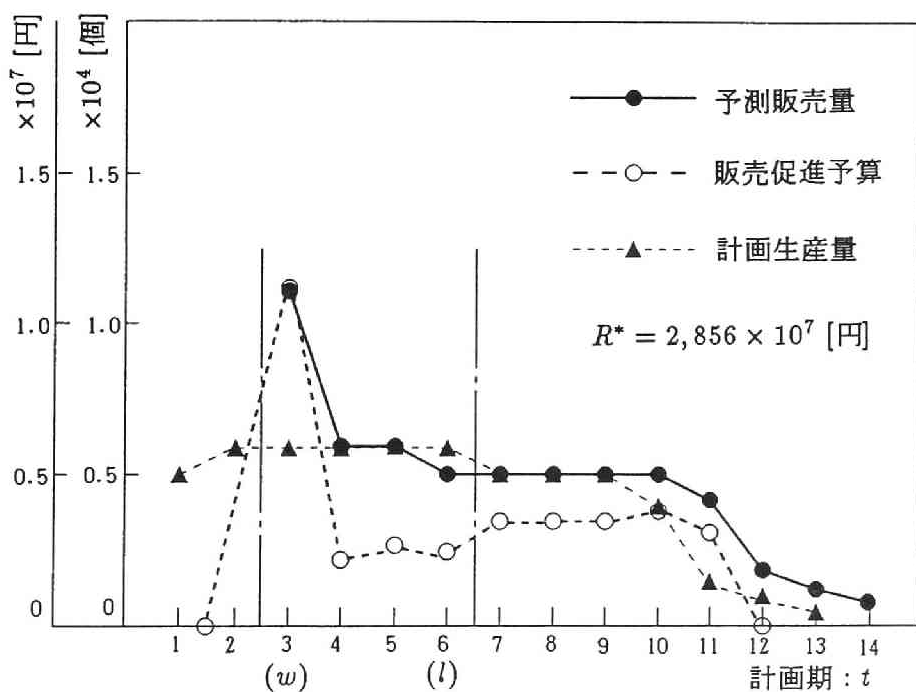


図 2.7: 数値計算例結果 ($\eta = 60\%$)

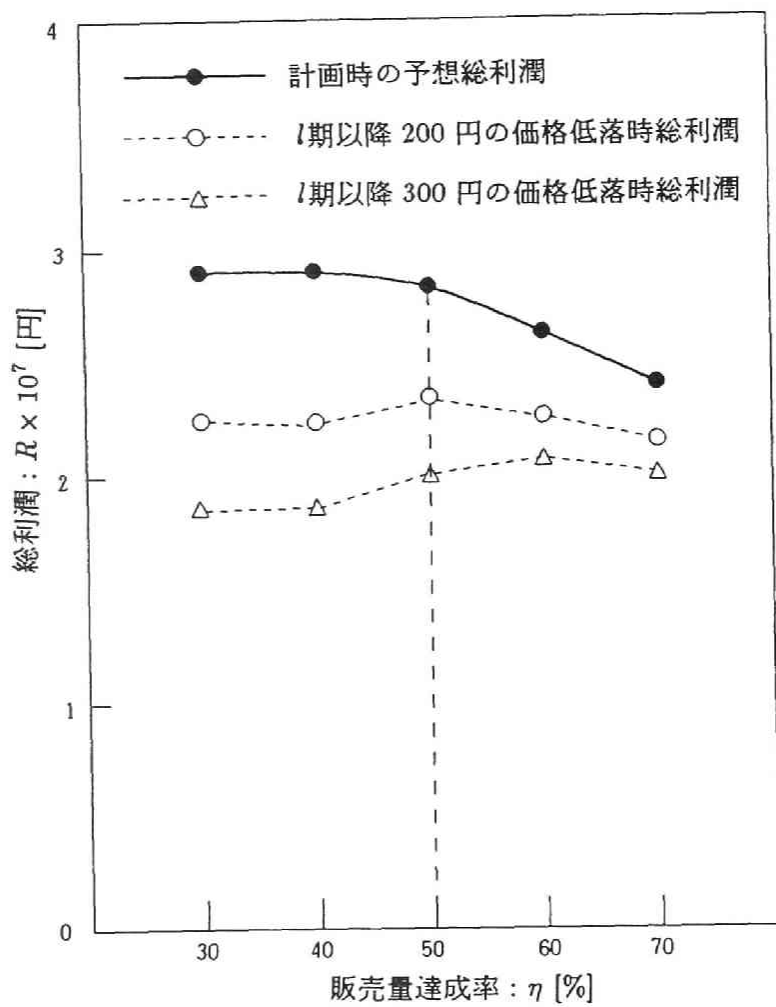


図 2.8: η と総利潤 R の関係

販売期間以降、販売量は計画したとおり得られたが、他社参入のため、競合の関係上、価格の引き下げを余儀なくされたとする。価格の引き下げを $(l-1)$ 期に行ったとすると、計画期間内に得られた総利潤は図 2.8 の破線のようになる（図 2.8 には、 $\eta = 40, 50, 60\%$ 以外に、 $30, 70\%$ の場合の総利潤も記してある）。1 個当たり 200 円の価格引き下げを行った場合、 $\eta = 50\%$ のときが最大の利潤となる。これは結果として、計画が成功したことを示す。300 円の場合、 $\eta = 50\%$ では最大とならないが、 η として 40, 30% を選択したときより、利潤の目減りを抑えることができたことになる。

2.5 結 言

本章では、特に統合計画モデルの方略性に焦点をあて、プロダクション・マーケティング統合計画モデルを構築し、次の考察を行った。

(1) 予想される製品のライフ・サイクルの早期に比較的多くの販売量を確保するために、新製品のマーケティング方略に対応する代表的な方略的販売目標を考慮した上で、生産部門とマーケティング部門の利潤最大化計画を統合的に策定する多期間静的計画モデルを構築した。

(2) 計画モデルの構築にさいし、方略的販売目標を制約条件に考慮し、利潤最大化を目標関数とする線形計画問題として定式化した。

(3) 数値例を与えて、計画モデルの有効性とそれを用いた計画策定手順を示した。

(4) 設定した数値例より、製品のライフ・サイクルの中間期以降に他社の参入などの企業間競争の激化が生じ、価格の低減を余儀なくされた場合などを想定して、適切な計画期間早期での販売量達成率を設定できるなど、設定するマーケティング方略をシミュレートできる計画モデルであることを示した。

第3章 価格目標、販売目標および利益目標に同時に対処する計画モデルの構築

3.1 緒言

前章では、特に統合計画の方略性に焦点を当てたプロダクション・マーケティング静学的統合計画モデルを構築した。そのモデルでは、製品のライフ・サイクル全体を覆うような計画期間を設定し、その期間の早期に計画期間全体で得られるであろう予測販売量の比較的多くを確保する方略的销售目標を制約条件に考慮しながら、価格を変更しない前提の下に利潤最大化を志向して、利潤最大化目標を唯一の目的関数とする数理計画問題を設定した。

企業が製品を生産・販売する場合に、他社との競争上、価格を下げることを販売目標、利益目標などとともに考慮しなくてはならない場合が多い。これは Sethuraman-Tellis[133] も報告しているように、需要に対する価格弾力性は、他のマーケティング方策に比べ著しく大きいことから重要な方略である。現有生産設備を変更しないと、その各工程での習熟効果が今以上に望めないとするなら、マーケティング部門の観点だけで価格を下げることは大幅な利潤の目減りを生ずる原因となる。本研究では、生産部門とマーケティング部門だけでなく、その付随部門である財務部門での生産、販売に伴う資金の運用計画、前章では特に着目しなかった資材調達計画も同時に考慮して、価格目標に対処するとともに、販売目標、利益目標を同時に計画に折り込むことを考える。さらに、これら三つの目標は経営方略上、また計画の対象となる製品が、計画時点でライフ・サイクルのどの段階にあるかによってその優先順位が異なると考えられる [118]。したがって、このような種々の状況に対する意思決定を柔軟に行うため、目標計画法による計画モデルを提起し、その定式化を行う。さらに、価格目標を第一優先順位とし、借入れを行わないとする限定した計画モデルに対して解法アルゴリズムを提案するとともに、計画モデルの有効性を示す数値計算例を与える。

3.2 計画モデルの構築

3.2.1 計画モデルの前提と定式化

計画モデル全般にわたる前提条件

計画モデル全般に関して次の前提をおく。

- (1) 見込み生産型企業を対象とし、単一製品を生産・販売するものとする。
- (2) 計画期間は多期間の H 期間を対象とし、その指標を t とする ($t = 1, 2, \dots, H$)。

マーケティング部門

一般にマーケティング部門には販売促進活動などに要する予算が与えられ、その予算を有効と考えられるマーケティング方策に割り当てる。また過去の販売実績や他社との競合の観点から価格を設定することは、重要な意思決定事項である。本章の計画モデルでは、マーケティング・ミックスの要素として販売促進活動および価格をとりあげ、販売促進活動予算と製品価格の決定を以下の前提に基づいて行う。その過程において、予測販売量を後述の前提 (4) に定義する反応関数：式 (3.1) で予測する。

- (1) 販売促進活動予算は各期ごとに決められ、 m_t とする ($t = 1, 2, \dots, H$)。
- (2) 販売価格は各期ごとに決められ、製品 1 個当たり P_t とする ($t = 1, 2, \dots, H$)。
- (3) 販売促進活動は ν 期後まで持続効果があるものとする。
- (4) t 期の予測販売量 q_t は次式で与えられるものとする。

$$q_t = \left(\frac{P_{ref}}{P_t} \right)^{\alpha_t} (\beta_{t1}m_t + \beta_{t2}m_{t-1} + \dots + \beta_{t,\nu+1}m_{t-\nu} + \omega_t) + q_{0t} \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (3.1)$$

$\left(\frac{P_{ref}}{P_t} \right)^{\alpha_t}$: t 期製品価格 P_t が t 期予測販売量に及ぼす効果 (ただし、 α_t は定数)

β_{ts} : $(t-s+1)$ 期の販売促進活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 ($s = 1, 2, \dots, \min[\nu+1, t]$)

ω_t : 計画期間以前の販売促進活動の持続効果が t 期予測販売量に及ぼす効果

q_{0t} : 販売促進活動, 価格変更によらないで得られる t 期予測販売量

式 (3.1) のようなマーケティングの方策が販売量に及ぼす効果を定量的に扱うため, 1.6.2 項で紹介したように過去に多くの研究が行われ, 現在も進行中である. しかし, 的確で一般的な方法は今だ確立されていない. それは対象とする製品および市場状況によって異なってくるからと考える. 本章では計画の対象とする製品を特に限定しない. しかし, 過去の多くの研究において論ぜられ, 一般的な次の二つの定性的性質が市場の反応としてあることを前提として定式化した.

- (i) 広告を含む販売促進活動と価格の販売量への影響は相互効果がある.
- (ii) 販売促進活動には持続効果がある.

さらに, パラメータの同定および直感的把握を容易にするため, 販売促進活動予算の予測販売量に及ぼす効果は線形性を仮定している.

生産部門

生産部門の計画には, 生産量計画, 在庫計画, 資材計画などが含まれる. 計画に際して掲げた複数の目標に対処するためには, マーケティング計画との均衡において導出した販売すべき量を満足する生産量計画を行うだけでなく, 同時に在庫計画および適時適切な資材調達計画を行う必要がある. 本章の計画モデルではこの点に重点をおき, 以下の前提に基づいて各期の製品の正常, 残業生産量と在庫量, および資材の調達量と在庫量を決定する.

- (1) t 期に販売する製品は $(t-1)$ 期までに正常および残業生産によって必ず生産するものとし, 次式を満たす.

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= I_{01} \\ q_t &= \sum_{s=1}^{t-1} (x_{st} + x'_{st}) + I_{0t} \quad (t = 2, 3, \dots, H) \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

x_{st}, x'_{st} : t 期販売のための s 期正常および残業生産量

I_{0t} : 初期製品在庫 I_0 のうち t 期での販売量. ただし, 初期在庫量 I_0 は既知とし, 計画期間内で販売するものとする. 従って次式を満たす.

$$I_0 = \sum_{t=1}^H I_{0t} \quad (3.3)$$

(2) 計画期間末に必要な製品在庫量 I_e を既知として、次式が成立するものとする.

$$I_e = \sum_{t=1}^H (x_{te} + x'_{te}) \quad (3.4)$$

x_{te}, x'_{te} : 計画期間末在庫のための t 期正常および残業生産量

(3) 各期の正常および残業生産は生産能力 X_t, X'_t 以内である. 従って次式が成り立つ.

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{s=t+1}^H x_{ts} + x_{te} \leq X_t \quad (t = 1, 2, \dots, H-1) \\ x_{He} \leq X_H \end{array} \right\} \quad (3.5)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{s=t+1}^H x'_{ts} + x'_{te} \leq X'_t \quad (t = 1, 2, \dots, H-1) \\ x'_{He} \leq X'_H \end{array} \right\} \quad (3.6)$$

(4) t 期生産のための資材は $(t-1)$ 期までに調達されるものとし、製品 1 個当たり 1 単位の資材が必要であるとすると、次式が成立する.

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{s=0}^{t-1} y_{st} = \sum_{k=t+1}^H (x_{tk} + x'_{tk}) + (x_{te} + x'_{te}) \quad (t = 1, 2, \dots, H-1) \\ \sum_{s=0}^{H-1} y_{sH} = x_{He} + x'_{He} \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_0 = \sum_{t=1}^H y_{0t} \\ Y_e = \sum_{s=1}^H y_{se} \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

y_{st} : t 期生産のための s 期資材調達量

y_{te} : 計画期間末必要資材在庫 Y_e のために調達される t 期資材調達量

Y_0 : 初期資材在庫量

ただし、 Y_e, Y_0 は既知とする.

各期末現金流と資金運用計画

本章では製品を生産・販売する企業の主要部門である生産部門とマーケティング部門の統合計画モデルを構築する。成熟製品などの場合、他社との競合上価格を下げることを計画の目標の一つとしてとりあげなければならない場面が多い。その際、生産設備を変更しないと、その各工程での習熟効果がこれ以上望めないとするなら、マーケティング部門だけの観点だけで価格を下げることは、大幅な利潤の目減りの原因となる。本章では財務部門の計画の1部である生産・販売に伴う資金の運用計画を計画モデルに考慮して、価格に関する目標に対処する。ただし、簡便のため信用取引等については考えない。

マーケティング部門での売上高と費用および生産部門での費用に関する各期末現金流 z_t は次式で表せる。ただし、ここでの現金流としては減価償却費等の非現金支出は考慮していない。従って売上収益から現金支出費用を差し引いた利益を現金流とする。

$$\begin{aligned}
 z_1 = & P_1 q_1 - (c_{MK_01} + m_1) - \{c_{PM_01} + c_{m1}(\sum_{t=2}^H y_{1t} + y_{1e})\} \\
 & - \{c_{p1}(\sum_{t=2}^H x_{1t} + x_{1e}) + c'_{p1}(\sum_{t=2}^H x'_{1t} + x'_{1e}) + c_{P_01}\} \\
 & - (c_{hm1} \sum_{t=2}^H y_{0t} + c_{h1} \sum_{t=2}^H I_{0t}) \quad (3.9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z_t = & P_t q_t - (c_{MK_0t} + m_t) - \{c_{PM_0t} + c_{mt}(\sum_{s=t+1}^H y_{st} + y_{se})\} \\
 & - \{c_{pt}(\sum_{s=t+1}^H x_{st} + x_{se}) + c'_{pt}(\sum_{s=t+1}^H x'_{ts} + x'_{te}) + c_{P_0t}\} \\
 & - c_{hmt}(\sum_{k=0}^{t-1} \sum_{s=t+1}^H y_{ks} + \sum_{k=1}^{t-1} y_{ke}) \\
 & - c_{ht}\{\sum_{s=t+1}^H I_{0s} + \sum_{k=1}^{t-1} [\sum_{s=t+1}^H (x_{ks} + x'_{ks}) + x_{ke} + x'_{ke}]\} \\
 & t = (2, 3, \dots, H-1) \quad (3.10)
 \end{aligned}$$

$$z_H = P_H q_H - (c_{MK_0H} + m_H) - (c_{mH} y_{He} + c_{PM_0H})$$

$$\begin{aligned}
& - (c_{pH}x_{He} + c'_{pH}x'_{He} + C_{P_0H}) \\
& - c_{hmH} \sum_{s=1}^{H-1} y_{se} - c_{hH} \sum_{s=1}^{H-1} (x_{se} + x'_{se})
\end{aligned} \tag{3.11}$$

c_{MK_0t} , c_{P_0t} , c_{PM_0t} : 販売, 生産, 資材調達に関する t 期固定費

c_{mt} : t 期における単位当たりの資材費用

c_{pt} , c'_{pt} : 製品 1 個当たりの t 期正常生産および残業生産費用

c_{hmt} : 単位当たりの t 期資材保管費用

c_{ht} : 製品 1 個当たりの t 期保管費用

以上の各期の現金流 z_t に対し, 次に述べる資金運用計画を本章の計画モデルでは同時に考慮する.

$z_t < 0$ のとき : $|z_t|$ の借入を行う.

$z_t \geq 0$ のとき : z_t の $100 \cdot \theta_t$ [%] ($0 \leq \theta_t \leq 1$) を貸付または有価証券を購入し,
 $100 \cdot (1 - \theta_t)$ [%] を借入金の返済にあてる.

上記の資金運用計画を含めた場合の計画期間末現金流 Z は次式となる.

$$\begin{aligned}
Z = & \sum_{t=1}^H \delta_t \theta_t z_t (1 + \pi)^{H-t} + \sum_{t=1}^H \tau_t z_t (1 + v)^{H-t} \\
& + \sum_{t=1}^H \delta_t (1 - \theta_t) z_t (1 + v)^{H-t} + z_0 (1 + \pi)^H - z'_0 (1 + v)^H
\end{aligned} \tag{3.12}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_t = 1, \quad \tau_t = 0 & \quad \text{for } z_t \geq 0 \\ \delta_t = 0, \quad \tau_t = 1 & \quad \text{for } z_t < 0 \end{aligned} \right\} (t = 1, 2, \dots, H) \tag{3.13}$$

π : 貸付金利または有価証券の戻り率

v : 借入金利

z_0, z'_0 : 初期貸付額および借入額

以上の定式化に対し, 次の前提条件を設ける.

(1) π, v は計画期間内で一定とし, z_0, z'_0 とともに既知とする.

(2) 各期の借入には限度額 G_t が存在し、次式となる。

$$\tau_t |z_t| \leq G_t \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (3.14)$$

(3) 各期末の借入金の返済額が借入金の総計を越えることはない。従って次式を満足しなくてはならない。

$$\sum_{s=1}^t \tau_s z_s (1+v)^{t-s} + \sum_{s=1}^t \delta_s (1-\theta_s) z_s (1+v)^{t-s} - z'_0 (1+v)^t \leq 0 \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (3.15)$$

3.2.2 計画の目標と問題の設定

企業がその経営を行うに際して設定する目標は、市場環境、社内の生産状況や財務状況、管理レベルなどによって異なり、複数個存在し、その各々について 1.6.3 節で述べたように多くの議論がなされている。本章で提起する計画モデルでは、製品を見込み生産し、販売する場合に必ず直面すると考える製品価格、販売量、そしてその結果得る利益に関する以下の三つの目標を考慮する。

目標 1 : 計画期間末での現金流 Z は目標値 Z_{ideal} を満足する。

ただし、この目標に関して次のことを考慮している。本研究では資金運用計画を含めてプロダクション・マーケティング計画を総合的に策定する。従って、プロダクション・マーケティング計画によって得る利益だけでなく、資金運用計画の評価を利益に関する目標の評価基準に含めるため、計画期間末での現金流 Z を目標の評価基準とする。

目標 2 : 価格の各期ごとの引き下げ率 Δ は目標値 Δ_{ideal} を満足する。

ただし、 Δ を次式で定義する。

$$\Delta = \left(\frac{P_1}{P_0} \right) = \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \dots = \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) = \dots = \left(\frac{P_H}{P_{H-1}} \right) \quad (3.16)$$

ここに、 P_0 は初期価格で既知とする。

目標 3 : 計画期間内の総販売量は目標販売量 Q_{ideal} を満足する.

以上の三つの目標の達成すべき優先順位は、企業の経営哲理、市場環境などを考慮した経営方略、また計画の対象となる製品がそのライフ・サイクルのどの段階にあるのかなどによって異なる。本章では製品が成熟期にあり、市場環境から価格を引き下げていくことを経営目標の第一優先順位とし、その下で販売量と利益を得ることを経営方略として掲げることを想定して、次のように優先順位を定めるものとする。

優先順位 1 : 目標 2 (価格に関する目標)

優先順位 2 : 目標 3 (販売量に関する目標)

優先順位 3 : 目標 1 (現金流に関する目標)

この優先順位の下に計画モデルの帰着する数理計画問題を、Ignizio の定式化の方法による目標計画法として定式化すれば、次のようになる。

達成関数 :

$$[p_2, n_3, n_1] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (3.17)$$

制約条件 :

$$Z + n_1 - p_1 = Z_{ideal} \quad (3.18)$$

$$\Delta + n_2 - p_2 = \Delta_{ideal} \quad (3.19)$$

$$\sum_{t=1}^H q_s + n_3 - p_3 = Q_{ideal} \quad (3.20)$$

式 (3.1) ~ 式 (3.14)

$$n_1, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3 \geq 0 \quad (3.21)$$

決定変数 : $x_{st}, x'_{st} (s = 1, 2, \dots, H; t = 1, 2, \dots, H, e),$

$y_{st} (s = 0, 1, \dots, H; t = 1, 2, \dots, H),$

$y_{se} (s = 1, 2, \dots, H), \delta_t, \tau_t, \theta_t, m_t, P_t, I_{0t} (t = 1, 2, \dots, H)$

パラメータ : $\alpha_t, q_{0t}, X_t, X'_t, c_{pt}, c_{mt}, \omega_t, c_{ht},$

$c_{hmt}, G_t, c_{MK_{0t}}, c_{PM_{0t}}, c_{P_{0t}} (t = 1, 2, \dots, H),$

$$\beta_{st}(s = 1, 2, \dots, H; t = 1, 2, \dots, \min[\nu + 1, s]),$$

$$P_0, P_{ref}, I_0, I_e, Y_0, Y_e, \pi, v, z_0, z'_0, \nu,$$

3.3 限定した問題とその解法

本章で提起する計画モデルが帰着した数理計画問題は 0-1 の整数変数、非線形項を含む目標計画法である。1.6.3 項において述べたように、線形目標計画法については、解法アルゴリズムは成熟し、その応用も活発に行われている。しかし、このような問題に対する有効な解法アルゴリズムは現在のところ見あたらない。本章では、元問題を以下に述べるような問題に限定し、その解法アルゴリズムを提案する。

元問題では各期末現金流は正負どちらも取り得るとし、その場合について最適な貸付額、借入金返済額を決める資金運用計画を考慮した。しかし、資金の借入先およびその意向は企業内部の意思だけで決まるものではない。可能ならば借入を行わず、各期現金流を正に保ちながら、掲げた目標に対処する計画を策定することが望まれる。このような場合に計画問題を限定するため、次の前提条件を付加する。

- (1) 初期借入金 z'_0 はないものとする。
- (2) 各期の現金流 z_t ($t = 1, 2, \dots, H$) は常に 0 または正になるように計画を行う。すなわち次式を制約条件に考慮する。

$$z_t \geq 0 \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (3.22)$$

以上の結果、式 (3.11)~(3.13) は除外され、計画期間末現金流 Z に関する式 (3.10) は次式に置き換えることができる。

$$Z = \sum_{t=0}^H z_t (1 + \pi)^{H-t} \quad (3.23)$$

限定した計画問題は次となる。

達成関数：

$$[p_2, n_3, n_1] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (3.24)$$

制約条件：

$$Z + n_1 - p_1 = Z_{ideal} \quad (3.25)$$

$$\Delta + n_2 - p_2 = \Delta_{ideal} \quad (3.26)$$

$$\sum_{t=1}^H q_s + n_3 - p_3 = Q_{ideal} \quad (3.27)$$

式 (3.1)～式 (3.10), 式 (3.22), (3.23)

$$n_1, n_2, n_3, p_1, p_2, p_3 \geq 0 \quad (3.28)$$

決定変数 : $x_{st}, x'_{st}(s = 1, 2, \dots, H; t = 1, 2, \dots, H, e),$
 $y_{st}(s = 0, 1, \dots, H; t = 1, 2, \dots, H),$
 $y_{se}(s = 1, 2, \dots, H), m_t, P_t, I_{0t}(t = 1, 2, \dots, H)$

パラメータ : $\alpha_t, q_{0t}, X_t, X'_t, c_{pt}, c_{mt}, \omega_t, c_{ht},$
 $c_{hmt}, G_t, c_{MK_{0t}}, c_{PM_{0t}}, c_{P_{0t}}(t = 1, 2, \dots, H),$
 $\beta_{st}(s = 1, 2, \dots, H; t = 1, 2, \dots, \min[\nu + 1, s]),$
 $P_0, P_{ref}, I_0, I_e, Y_0, Y_e, \pi, v, z_0, z'_0, \nu,$

限定した計画モデルの数値計画問題は、決定変数として、元問題の定式化に現れた θ_t および 0-1 の変数 δ_t, τ_t を持たず、価格の各期ごとの引き下げ率 Δ に関してだけ非線形項を含む問題となる。

この問題を解くに当たって、非線形目標計画法の解法アルゴリズムを使うことも考えられる。しかし、本研究で仮定した目標間の優先順位の下では、価格に関する目標が最優先順位に挙げられており、その目標を代表する変数： Δ を与条件とすれば、下位の優先順位を満足する最適解を求める問題は線形目標計画法となる。したがって、多段階シンプレックス法など有効な解法アルゴリズムを有する線形目標計画法を利用できる。かくして、 Δ の探索を伴う次の解法アルゴリズムを提案する。

[Step 1] Δ の初期値として Δ_{ideal} を与える。

[Step 2] Δ をパラメータとして、次の達成関数を持つ線形目標計画法を、既存の解法アルゴリズムにより解く。

達成関数 : $[n_3, n_1] \rightarrow$ 辞書式最小化

これに実行可能解が存在するならば、その解が同時に最適解となる。またそのときの Δ が優先順位 1 での目標達成値、線形目標計画法で得られた目標達成値が優先順位 2, 3 での目標達成値となり、アルゴリズムを終了する。実行可能解が存在しないのなら、Step 3 へ進む。

[Step 3] $\Delta = \Delta + d\Delta$ として Step 2 へもどる。ただし、 $d\Delta \geq 0$ は Δ に関する増分パラメータであり、 Δ の値に対する必要精度などより与える。

上述のアルゴリズムは、 $\Delta = 1$ のとき、つまり価格を計画期間の間、初期価格 P_0 に据え置くとしたとき、Step 2 の線形目標計画法の実行可能解が存在することを前提条件とする。この前提条件を満足しない限り、提起した解法アルゴリズムを用いても問題の実行可能解が存在する保障はない。

3.4 数値計算例

提起した計画モデルの有効性と計画策定手順を示すのに、次の数値例を与える。

(1) 計画期間は 6 ($H = 6$) 期間とする。

(2) 販売部門での設定数値データを表 3.1 に示す。表中、販売促進活動が予測販売量に与える各期の持続効果は 3 期後 ($\nu = 3$) まで続くとし、図 3.1 のように与える。設定した計画期間内では市場は安定していることを想定して、この数値データの設定は計画期間を通じて等しいとする。また参考価格 P_{ref} は初期価格 P_0 に設定する。

(3) 生産部門での数値データを表 3.2 に示す。各パラメータの値は計画期間内で等しいとする。

(4) 財務部門に関する数値データを次のように与える。

初期貸付額 : $z_0 = 0$ [円]

貸付利率または有価証券戻り率 : $\pi = 0.06$

(5) 優先順位 1 の価格に関する目標、優先順位 2 の販売量に関する目標、優先順位 3 の利益に関する目標の各々について、次のように目標値を設定する。

$\Delta_{ideal} = 0.95$

表 3.1: マーケティング部門に関する数値データ

β の単位: $\times 10^{-2}$ [個/円]

t	1	2	3	4	5	6
α_t	1.0					
q_{0t}	0 [個/期]					
β_{t1}	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
β_{t2}	—	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
β_{t3}	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0
β_{t3}	—	—	—	1.0	1.0	1.0
ω_t	700	400	200	0 [個]		
cMK_{0t}	0 [円/期]					
$P_{ref} = P_0 = 2,500$ [円]						

(注) — は数値が設定されないことを示す

表 3.2: 生産部門に関する数値データ

t	1~6
c_{pt}	700 [円/個]
c'_{pt}	900 [円/個]
X_t	3,000 [個/期]
X'_t	2,000 [個/期]
c_{mt}	500 [円/単位]
c_{hmt}	20 [円/単位・期]
c_{ht}	50 [円/個・期]
$c_{PM_{0}t}$	0 [円/期]
$c_{P_{0}t}$	0 [円/期]
$I_0=1,500$ [個], $I_e=1,500$ [個]	
$Y_0 = 1,500$ [単位], $Y_e = 1,500$ [単位]	

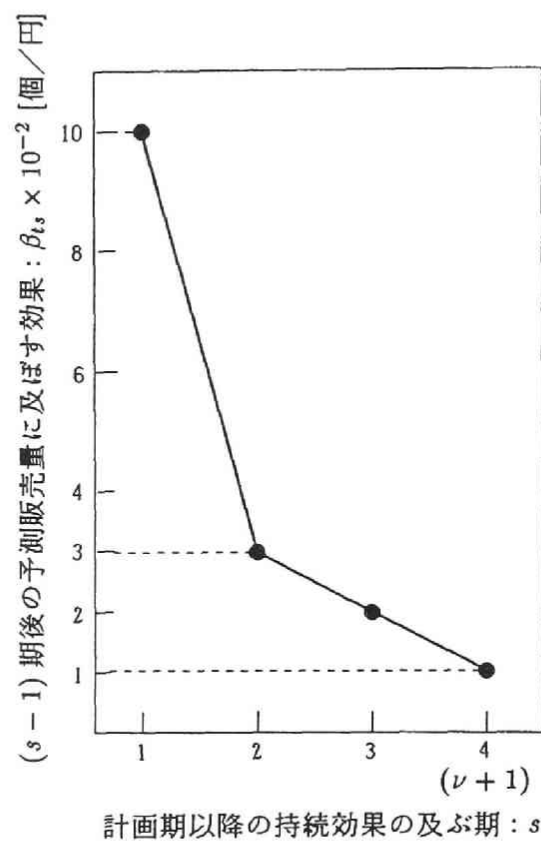


図 3.1: 販売促進活動が予測販売量に及ぼす効果

$$Q_{ideal} = 20,000[\text{pcs}]$$

$$Z_{ideal} = 10,000,000[\text{円}]$$

この設定は、安定している市場に対して、生産部門、マーケティング部門および財務部門間の調停を計りながら徐々に価格の低減を行い、市場占有率を増大させると同時に利益の確保も達成しようとする方略に対応する。

以上の数値データを用い、3.2.3 項で提案した解法アルゴリズムに従って数値計算を行った結果を図 3.2 に示す。

なお各目標の達成値は以下のようになり、第 1 優先順位の製品価格に関する目標のみが達成された。

$$\Delta^* = 0.95 \quad (\text{優先順位 1})$$

$$Q^* = 14,549[\text{pcs}] \quad (\text{優先順位 2})$$

$$Z^* = 8,170,000[\text{円}] \quad (\text{優先順位 3})$$

図 3.2 に示す結果より、価格目標が第一優先順位に挙げられていることから、価格の低減は目標通り達成される。しかし、設定した反応関数のパラメータでは価格の需要弾力性が大きいことが原因したため、価格の高い計画前期では利益が負とならない程度の生産と販売にとどめ、価格の低くなる計画後期に積極的な販売促進活動を行って、目標販売量を確保する計画となっている。資材調達活動および生産活動もこれに追従する計画である。

このように、市場が成熟しつつある製品では、製品価格を下げて新たな潜在顧客層の需要を喚起することが市場を活性化させる一つの方略となるが、そのためにはマーケティングの観点だけで価格を下げるのはリスクを伴うことから、生産部門やその他関連部門と連携してこれに対処する必要がある。本章の計画モデルは、その方略に追従する各期の生産部門、マーケティング部門の最適計画を構築することができる。また各部門間の人的調停によって計画を策定して行こうとする場合においても、その調停の指針として統合計画モデルによる代替案の提示は有用であると考えられる。

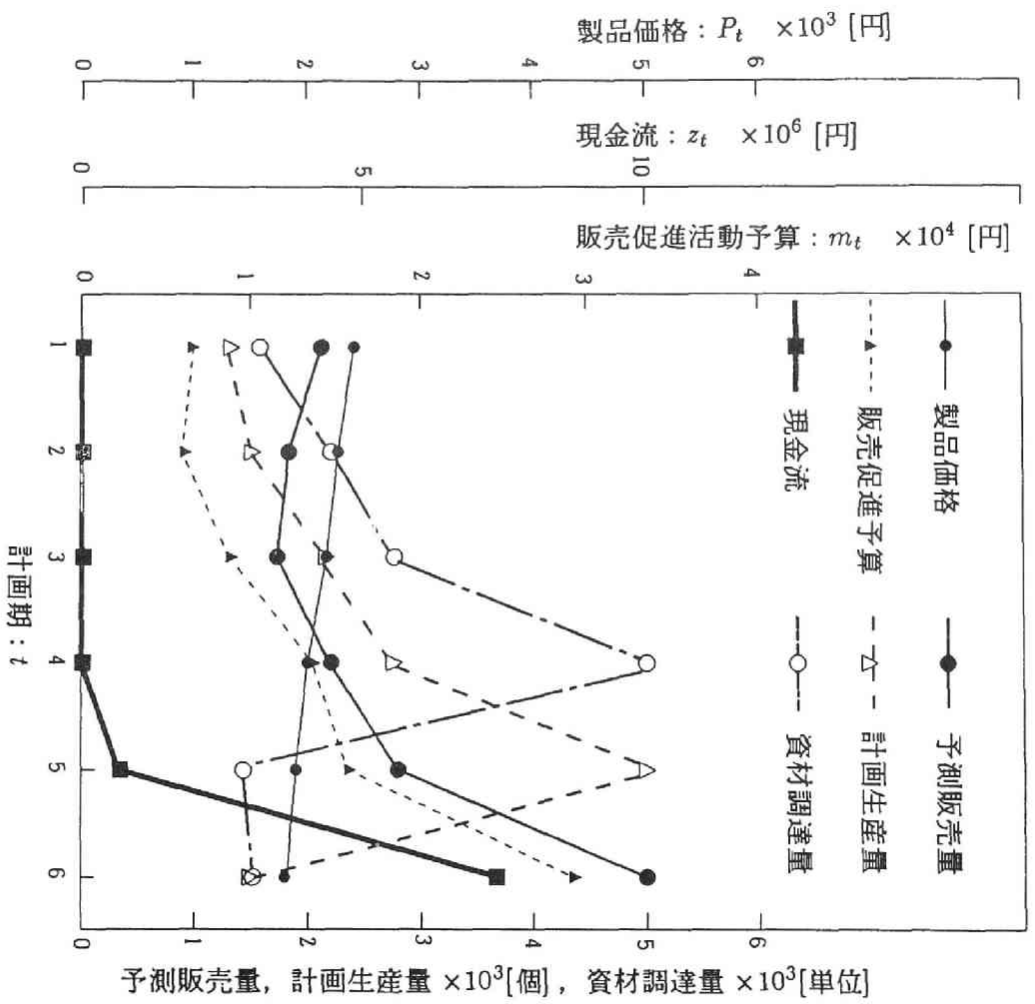


図 3.2: 数値計算例結果

3.5 結 言

本章では、統合計画の多目標性に特に焦点を当て、また方略的な観点からは計画時点での製品のライフ・サイクル上の位置づけから、目標間の優先順位が異なることに対応した計画モデルを構築し、次の事柄について考察した。

(1) 価格目標、販売目標、利益目標の三つの目標に同時に対処するため、生産部門とマーケティング部門だけでなく、資金を有効に利用する計画や資材の調達計画も同時に考慮する統合計画モデルを構築した。

(2) 計画モデルの構築に際し、帰着した数理計画問題を、非線形項および $0-1$ 変数を持つ目標計画法として定式化した。

(3) 健全な財務状況にあり、計画においてもそれを維持する企業を想定した限定された制約条件、および価格目標を第一優先順位とする目標間の優先順位の下では、線形目標計画法を有効に利用して解けることを示し、その解法アルゴリズムを提案した。

(4) 数値例を与え、計画モデルによる計画策定手順とその解法アルゴリズムの有効性を示した。

(5) 与えた数値例は、市場が成熟しつつある計画期間を想定したが、その期間内において徐々に価格を下げる場合、利益目標、販売目標の観点から、価格の低くなる計画後期の集中的な生産活動およびマーケティング活動が有用であることがわかった。

第4章 不安定な市場と経営の多目標性に対処する動学的統合計画モデルの構築

4.1 緒言

第2章では、製品のライフ・サイクル全体を覆うような計画期間を設定し、方略的販売目標を考慮した上で利潤最大化計画を策定する統合計画の方略性に焦点を当てた計画モデルを構築した。また第3章では、製品のおかれている市場環境や経営方略によって、掲げた複数の方略的目標の優先順位は異なり、計画モデルもこれに柔軟に対処する必要がある、さらにそれら目標に対処するには生産とマーケティングだけでなく、資材調達や財務などを含めた統合計画を行う必要があるとの観点の下に計画モデルを構築した。これら2つの統合計画モデルは多期間の比較的長い計画期間を設定し、計画を行う静学的計画モデルであった。市場が安定しているか、長期的な市場の予測が比較的正確に行える場合には、有用な計画モデルである。しかし、常にこの条件が当てはまるとは限らない。本章では、市場の先行きが不透明な場合に対処する動学的統合計画モデルを構築する。

提起する計画モデルは、比較的短い計画単位期、例えば週単位または月単位の単一の計画期間を設定し、今期の販売実績を考慮しながら今期末に次期の計画を行う計画モデルである。その際、次期の反応関数のパラメータの予測情報を基に次期の生産とマーケティング計画を行う計画モデル（PM1と呼ぶ）と、次期だけでなく次々期の反応関数のパラメータの予測情報を基に次期および次々期の生産とマーケティングの計画を行い、次期の計画だけを施行する計画モデル（PM2と呼ぶ）を構築する。また計画モデルでは、販売目標、利潤目標、価格目標の3つの目標を同時に考慮した計画を策定する。最後に数値計算例を与えて計画モデルの有効性を検証するとともに、PM1とPM2の比較を行う。

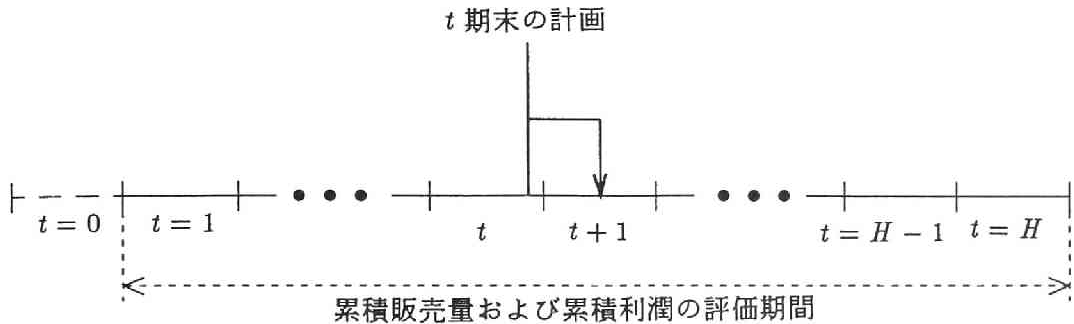


図 4.1: 計画モデルの計画方法

4.2 計画モデル全般にわたる前提条件

計画モデル全般に関して次の前提をおく。

- (1) 見込み生産型企業が単一品種の製品を生産・販売する場合を想定する。
- (2) プロダクション・マーケティング統合計画は、図 4.1に示すように、計画単位期： t ($t = 0, 1, 2, \dots, H - 1$) の期末に行い、次期 ($t + 1$) の計画を策定する。
- (3) 計画は設定した期間： H 内に得るべき累積利潤と累積販売量に関する 2 つの評価基準を同時に考慮して策定する。そして、計画モデルの適用開始期 ($t = 0$) に方略的な立場から以下の項目について設定されたとする。
 - (3.1) H 期間に達成すべき目標販売量： Q_{ideal}
 - (3.2) H 期間に達成すべき目標利潤： R_{ideal}
 - (3.3) 販売量目標と利潤目標の達成優先順位
- (4) 価格目標は、価格の上限が示され、それを満足することを目標とし、販売量や利潤に関する目標より優先するとする。

4.3 次期の予測市場・生産条件を基にした計画モデル1 (PM1)

4.3.1 前提条件

(1) 次期の価格： P_{t+1} には，経営的観点より上限： $P_{u,t+1}$ が設定されているものとする。

$$P_{t+1} \leq P_{u,t+1} \quad (4.1)$$

(2) 次期の予測販売量： q_{t+1} は，次の反応関数で予測するものとする。

$$q_{t+1} = \left(\frac{P_{ref,t+1}}{P_{t+1}} \right)^{\alpha_{t+1}} \beta_{t+1} m_{t+1}^{\gamma_{t+1}} + q_{o,t+1} \quad (4.2)$$

但し，

$P_{ref,t+1}$ ：次期価格が次期販売量へ与える影響を考慮する上での参考価格

m_{t+1} ：次期の広告や販売促進活動等のマーケティング活動予算

$\alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1}$ ：反応関数を定義するパラメータ

$q_{o,t+1}$ ：バックオーダー及び販売促進活動や価格効果によらないで得られる販売量

次期の反応関数の表現に，今期の実績を考慮した Mahajan 等 [95] のようなパラメータの定式化も可能であるが，その定式化についての研究は別途行われるべきであることより，本章では簡便のため定数として扱う。

(3) 次期の生産量： x_{t+1} には上限： X_{t+1} があるとする。

$$x_{t+1} \leq X_{t+1} \quad (4.3)$$

(4) 次期の生産費用： $C_{P,t+1}$ 及び在庫費用： $C_{H,t+1}$ は次式より算定するものとする。

$$C_{P,t+1} = a_{t+1} x_{t+1}^{b_{t+1}} + c_{P0,t+1} \quad (4.4)$$

但し，

a_{t+1}, b_{t+1} ： $t+1$ 期の生産に関わる変動費に関する定数で，次式が成立するものとする。

$$a_{t+1} > 0, \quad b_{t+1} \geq 1 \quad (4.5)$$

$c_{P_0,t+1}$: $t+1$ 期の生産に関わる固定費

$$C_{H,t+1} = c_{h,t+1} \frac{I_{t+1} + I_t}{2} \quad (4.6)$$

但し,

$c_{h,t+1}$: 次期における製品 1 個当たりの在庫費用

I_t : 今期 t の期末在庫

(5) 次期の予測在庫は非負であり、次式で算定できるとする.

$$I_{t+1} = I_t + x_{t+1} - q_{t+1} \geq 0 \quad (4.7)$$

(6) 今期の期末在庫は次式で算定する.

$$I_t = I_{t-1} + x_t - q_t \quad (4.8)$$

(7) 次期の利潤 : r_{t+1} は次式で算定し、非負であるとする.

$$r_{t+1} = q_{t+1}P_{t+1} - C_{P,t+1} - C_{H,t+1} - m_{t+1} \geq 0 \quad (4.9)$$

(8) 計画の適用開始期 ($t = 0$) においては次を仮定する.

$$r_0 = 0 \quad (4.10)$$

$$q_0 = 0 \quad (4.11)$$

$$I_0 = 0 \quad (4.12)$$

4.3.2 計画問題の定式化

計画は各期末に、次期のプロダクション・マーケティング計画に対して行われる。販売量目標と利益目標の優先順位の設定に関して、計画モデル全般にわたる前提条件 (3) より、次の 2 つのケースのいずれかとなる。

Case A : 販売量目標 \gg 利潤目標

Case B : 利潤目標 \gg 販売量目標

ここで、目標 1 \gg 目標 2 は、目標 1 が目標 2 より優先することを示す。

Case A は、市場におけるシェアの獲得をまず優先し、その後株主等への貢献を計るべく利潤を獲得する経営方略に対応する。Case B は、株主の貢献や内部留保を目的にまず目標利潤を確保した後、市場の拡大を目指す経営方略に対応する。

Case A の t 期末の計画問題 : Problem 1-A は次のように設定する。

Problem 1-A :

達成関数 :

$$[n_1, n_2] \rightarrow \text{辞書式最小化} \quad (4.13)$$

制約条件 :

式 (4.1) ~ 式 (4.9)

$$q_{t+1} + n_1 - p_1 = Q_{ideal} - \sum_{s=0}^t q_s \quad (4.14)$$

$$r_{t+1} + n_2 - p_2 = R_{ideal} - \sum_{s=0}^t r_s \quad (4.15)$$

$$n_1, p_1, n_2, p_2 \geq 0 \quad (4.16)$$

決定変数 : $q_{t+1}, P_{t+1}, m_{t+1}, x_{t+1}, I_{t+1}$

パラメータ : $q_s, r_s (s = 0, 1, 2, \dots, t),$

$a_{t+1}, b_{t+1}, c_{P_0, t+1}, P_{ref, t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1},$

$q_{0, t+1}, c_{h, t+1}, I_t, X_{u, t+1}, Q_{ideal}, R_{ideal}, P_{u, t+1}$

Case B の t 期末の計画問題 : Problem 1-B は次のように設定される。

Problem 1-B :

達成関数 :

$$[n_2, n_1] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (4.17)$$

制約条件, 決定変数, パラメータは Problem 1-A に同じ.

4.3.3 販売量目標が利潤目標に優先する計画問題 (Problem 1-A) の解析と解法

Case A の場合, 目標販売量を確保することが最優先する. 従って t 期末に累積販売量が目標販売量に達しないのなら, $(t+1)$ 期は販売量を最大化する計画が行われるとし, 利潤に関する評価は制約条件: 式 (4.9) を満たす範囲内で行う. また t 期末に累積利潤が目標値に達せず, 累積販売量が目標値に達しているならば, 次期の計画は利潤を最大化するよう行うものとする. 各期の計画に以上のような方策を採用するとして, t 期末の状況として次の3つのケースが現れる. これらのケースを図示すれば, 図 4.2 のような状況を想定できる.

Case 1 : 累積販売量が目標販売量に達しない.

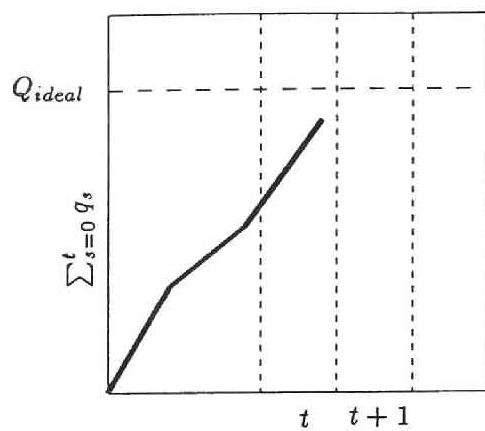
Case 2 : 累積販売量は目標販売量に達しているが, 累積利潤が目標利潤に達していない.

Case 3 : 累積販売量および累積利潤とも目標値に達している.

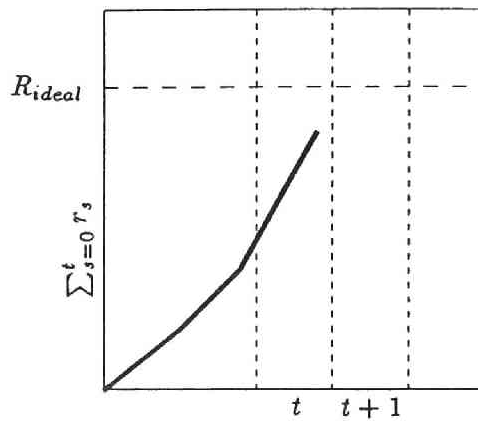
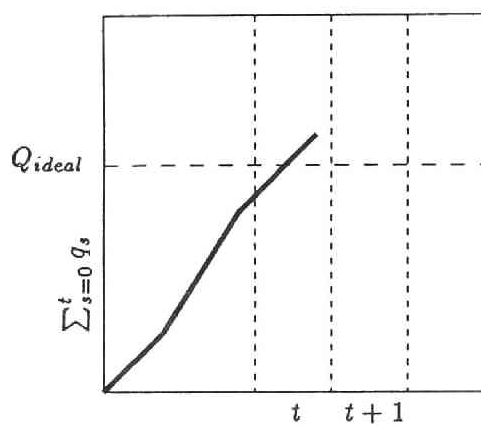
もし Case 3 が t 期に起こるならば, H 期以前にすべての目標は達成される. この状況になった場合, 目標値を設定しなおして計画手順を繰り返す方法など種々の方法が考えられるが, 本研究では, このケースは起こらないとの前提を置き, 以下の考察を進める.

問題の解法を考える場合, $(t+2)$ 期に持ち越す在庫: I_{t+1} が問題となる. I_{t+1} を持つ理由として, 次が考えられる.

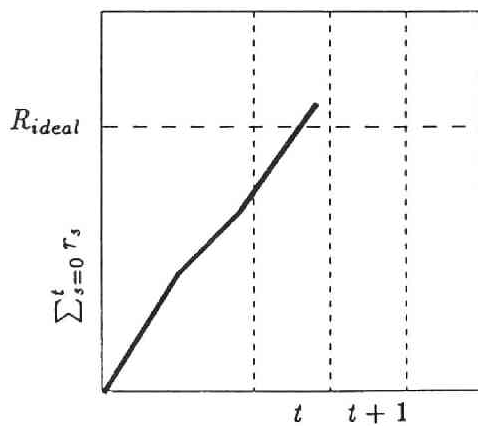
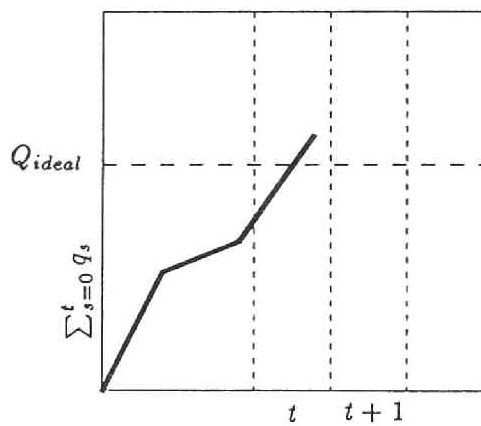
- (i) $(t+1)$ 期の在庫費用が, $(t+2)$ 期のマーケティングに関わる費用より低い.
 - (ii) $(t+1)$ 期の在庫費用が, $(t+2)$ 期の生産費用より低い.
 - (iii) $(t+1)$ 期で販売できる量の一部を $(t+2)$ 期に持ち越して販売する方略がある.
- PM 1 では, $(t+2)$ 期の各種パラメータに関する情報は $(t+1)$ 期の計画では考慮



Case 1



Case 2



Case 3

図 4.2: 各ケースの累積販売量, 累積利潤の状況

しないし, (iii) を指示する方略も設定していない. 従って解法を考える場合, I_{t+1} を設定する要因はなく, 次式を Problem 1-A につけ加える.

$$I_{t+1} = 0 \quad (4.18)$$

従って, 式 (4.7) を次式に置き換える.

$$x_{t+1} = q_{t+1} - I_t \quad (4.19)$$

この式中, t 期末在庫量 I_t は, $(t-1)$ 期の t 期に対する販売量を決める反応関数のパラメータの予測ミスによる売れ残り在庫を示す.

Case 1 の場合の解法

Case 1 は次式が成立する場合である.

$$Q_{ideal} - \sum_{s=0}^t q_s > 0 \quad (4.20)$$

この場合, 前述の方策に従って生産量と販売量に関する制約条件: 式 (4.9) を満たす範囲内で, 販売量最大化計画を策定する. その過程で生産量が上限: X_{t+1} となるなら, それ以上の販売量の増加は望めないが, 元問題の意図に従って目標利潤を確保すべく利潤最大化計画を行う必要がある. しかし, 次式が成立している, つまり累積利潤がすでに目標値に達しているならば, 利潤最大化計画は不要であり, 式 (4.9) および式 (4.19) を満たす任意の P_{t+1} , m_{t+1} が最適解となる.

$$R_{ideal} \leq \sum_{s=0}^t r_s \quad (4.21)$$

以上の考察より, Case 1 の最適解: q_{t+1}^* , P_{t+1}^* , m_{t+1}^* , x_{t+1}^* は次のいずれかの問題の解となる.

Problem 1-A-1 ($q_{t+1}^* - I_t < X_{t+1}$ の場合):

目標関数:

$$\left(\frac{P_{ref,t+1}}{P_{t+1}} \right)^{\alpha_{t+1}} \beta_{t+1} m_{t+1}^{\gamma_{t+1}} \longrightarrow \text{最大化} \quad (4.22)$$

制約条件：

$$\text{式 (4.1)} \sim \text{(4.3)}, \text{ (4.19)} \quad (4.23)$$

$$r_{t+1} = q_{t+1}P_{t+1} - m_{t+1} - a_{t+1}x_{t+1}^{b_{t+1}} - c_{P,t+1} - \frac{I_t c_{h,t+1}}{2} \geq 0 \quad (4.24)$$

決定変数： $q_{t+1}, P_{t+1}, m_{t+1}, x_{t+1}$

パラメータ： $a_{t+1}, b_{t+1}, c_{P,t+1}, P_{ref,t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1},$
 $q_{0,t+1}, c_{h,t+1}, I_t, X_{t+1}, P_{u,t+1}$

最適解が $q_{t+1}^* - I_t < X_{t+1}$ であるなら、それはこの販売量最大化問題の解であることを意味する。

Problem 1-A-2 ($q_{t+1}^* - I_t = X_{t+1}$ and 式 (4.21) を満足しない場合)：

目標関数：

$$P_{t+1}q_{t+1} - m_{t+1} \longrightarrow \text{最大化} \quad (4.25)$$

制約条件：

$$\text{式 (4.1), (4.2)} \quad (4.26)$$

$$q_{t+1} = X_{t+1} + I_t \quad (4.27)$$

決定変数： P_{t+1}, m_{t+1}

パラメータ： $P_{ref,t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1}, q_{0,t+1}, P_{u,t+1}, I_t, X_{t+1}$

t 期末において累積利潤が目標値に達せず、最適解が $q_{t+1}^* - I_t = X_{t+1}$ であるなら、それはこの利潤最大化問題の解であることを意味する。

Problem 1-A-3 ($q_{t+1}^* - I_t = X_{t+1}$ and 式 (4.21) を満足するとき)：

「式 (4.1), (4.2), (4.9), (4.27) を満足する P_{t+1} と m_{t+1} を見つけよ」

Problem 1-A-2 の最適解は、簡単な解析を行うことにより、次のように得られる。

$\alpha_{t+1} \leq \gamma_{t+1}$ のとき

$$P_{t+1}^* = P_{u,t+1} \quad (4.28)$$

$\alpha_{t+1} > \gamma_{t+1}$ and $P'_{t+1} > P_{u,t+1}$ のとき

$$P_{t+1}^* = P_{u,t+1} \quad (4.29)$$

$\alpha_{t+1} > \gamma_{t+1}$ and $P'_{t+1} \leq P_{u,t+1}$ のとき

$$P_{t+1}^* = P' \quad (4.30)$$

但し

$$P'_{t+1} = \left(\frac{q_{t+1}\gamma_{t+1}}{A_1\alpha_{t+1}} \right)^{\frac{\gamma_{t+1}}{\alpha_{t+1}-\gamma_{t+1}}} \quad (4.31)$$

$$A_1 = \left(\frac{q_{t+1} - q_{0,t+1}}{\beta_{t+1}} \right)^{\frac{1}{\gamma_{t+1}}} P_{ref,t+1}^{-\frac{\alpha_{t+1}}{\gamma_{t+1}}} \quad (4.32)$$

以上の解析より、Case 1 の解法として次の考え方に基づく解法を構成できる。

$X_{t+1} + I_t$ から $q_{0,t+1} + I_t$ まで順次 Δq だけ減じた値を q_{t+1} に与え、次々と各条件に対応した上述の問題を解く。もし、式 (4.21) が満たされないが、式 (4.24) を満足する P_{t+1} と m_{t+1} が存在するなら、Problem 1-A-2 の解が最適解となる。もし、 $q_{t+1} - I_t = X_{t+1}$ であって、式 (4.24) を満たし、式 (4.24) を満たす P_{t+1} と m_{t+1} が存在するならば、Problem 1-A-3 の解が最適解となる。もし、 $q_{t+1} - I_t < X_{t+1}$ であって、式 (4.24) を満たす P_{t+1} と m_{t+1} が存在するなら、式 (4.24) を満たす q_{t+1} 、 P_{t+1} および m_{t+1} の最大値が最適解となる。この過程において、式 (4.24) を満たす P_{t+1} と m_{t+1} を探す必要がある。探索方法として、 $P_{u,t+1}$ から 0 まで、順次 ΔP 減じた値を P_{t+1} に与え、式 (4.2) を満たす m_{t+1} を求める。その際、 P_{t+1} と m_{t+1} の値が式 (4.24) を満たすかどうか調べ、満たされた最初の値を求める解とする。

以上の考え方に基づいた Case 1 の解法アルゴリズム (AL-1) を以下に示す。

解法アルゴリズム (AL-1)

[Step 1] $q_{t+1} = X_{t+1} + I_t$ とする.

[Step 2] もし $q_{t+1} < q_{o,t+1} + I_t$ であるなら, 実行可能解が存在しないとしてアルゴリズムを終了する. その他の場合, Step 3 に進む.

[Step 3] $P_{t+1} = P_{u,t+1}$ とする.

[Step 4] もし $P_{t+1} \leq 0$ であるなら, $q_{t+1} = q_{t+1} - \Delta q$ として, Step 2 へ戻る. その他の場合, Step 5 に行く.

[Step 5] 式 (4.2) から m_{t+1} を得る. もし式 (4.24) を満たすなら, Step 6 へ行く.

[Step 6] もし $q_{t+1} = X_{t+1} + I_t$ であるなら, Step 7 へ行く. その他の場合 $P_{t+1}^* = P_{t+1}$, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$ として Step 10 へ行く.

[Step 7] もし式 (4.21) を満たさないのなら, Step 8 へ行く. その他の場合, $P_{t+1}^* = P_{t+1}$, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$ として Step 10 へ行く.

[Step 8] もし $\alpha_{t+1} > \gamma_{t+1}$ であるなら, Step 9 へ行く. その他の場合 $P_{t+1}^* = P_{u,t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$ として, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$ を求め Step 10 へ行く.

[Step 9] 式 (4.31) から P'_{t+1} を求め, $P_{t+1}^* = P_{t+1}$ とする. 式 (4.2) から求めた m_{t+1} を $m_{t+1}^* = m_{t+1}$ とし, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$ として Step 10 へ行く.

[Step 10] 式 (4.24) から r_{t+1}^* を求め, $x_{t+1}^* = q_{t+1}^* - I_t$ としてアルゴリズムを終了する.

Case 2 の場合の解析

Case 2 は次式を満たす場合である.

$$Q_{ideal} \leq \sum_{s=0}^t q_s \quad (4.33)$$

and

$$R_{ideal} > \sum_{s=0}^t r_s \quad (4.34)$$

この場合, 販売量目標はもはや考慮する必要がない. 計画問題は次で与えられる.

Problem 1-A-4:

目標関数：

$$q_{t+1}P_{t+1} - m_{t+1} - a_{t+1}x_{t+1}^{b_{t+1}} \longrightarrow \text{最大化} \quad (4.35)$$

制約条件：

$$\text{式 (4.1)~(4.3), 式 (4.19)}$$

決定変数： $q_{t+1}, P_{t+1}, m_{t+1}, x_{t+1}$

パラメータ： $a_{t+1}, b_{t+1}, c_{P,t+1}, P_{ref,t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1},$
 $q_{0,t+1}, c_{h,t+1}, I_t, X_{t+1}, P_{u,t+1}$

q_{t+1} に任意の値を与えれば、上の問題は解ける。 q_{t+1} に設定する値として、 $q_{0,t+1} + I_t$ から $X_{t+1} + I_t$ まで順次 Δq ずつ増分した値を与える。このように q_{t+1} に数値を与えた場合、Problem 1-A-4 は次の問題となる。

Problem 1-A-4':

目標関数：

$$r(P_{t+1}) = q_{t+1}P_{t+1} - A_2 P_{t+1}^{\frac{\alpha_{t+1}}{\gamma_{t+1}}} - A_3 \longrightarrow \text{最大化} \quad (4.36)$$

但し

$$A_2 = A_1 \quad (4.37)$$

and

$$A_3 = \frac{I_t c_{h,t+1}}{2} + c_{P,t+1} + a_{t+1}(q_{t+1} - I_t)^{b_{t+1}} \quad (4.38)$$

制約条件：

$$\text{式 (4.1)}$$

決定変数： P_{t+1}

パラメータ： $a_{t+1}, b_{t+1}, c_{P,t+1}, P_{ref,t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1},$
 $q_{0,t+1}, c_{h,t+1}, I_t, X_{t+1}, P_{u,t+1}$

この問題の最適解は、Problem 1-A-2 の解法と同様の手続きによって求めることができる。ただし P'_{t+1} は次式を用いて求める。

$$P'_{t+1} = \left(\frac{q_{t+1}\gamma_{t+1}}{A_2\alpha_{t+1}} \right)^{\frac{\gamma_{t+1}}{\alpha_{t+1}-\gamma_{t+1}}} \quad (4.39)$$

Case 2 の場合の解法アルゴリズム (AL-2) は次の通りである。

解法アルゴリズム (AL-2)

[Step 1] $q_{t+1} = q_{o,t+1} + I_t$, $r_{t+1}^* = 0$ とする。

[Step 2] もし $q_{t+1} - I_t \geq X_{t+1}$ ならば, Step 8 へ行く。その他の場合, $P_{t+1} = P_{u,t+1}$ として Step 3 へ行く。

[Step 3] 式 (4.36) より $r(P_{t+1})$ を算出する。もし $r(P_{t+1}) > 0$ であるなら, Step 5 へ行く。その他の場合, Step 4 へ行く。

[Step 4] $P_{t+1} = P_{t+1} - \Delta P$ とする。もし $P_{t+1} < 0$ であるなら, Step 2 へ戻る。その他の場合, Step 3 へ戻る。

[Step 5] もし $\alpha_{t+1} \leq \gamma_{t+1}$ であるなら, Step 6 へ行く。その他の場合, Step 7 へ行く。

[Step 6] $P_{t+1} = P_{u,t+1}$ として, 式 (4.36) より r_{t+1} を算出する。もし $r_{t+1} > r_{t+1}^*$ であるなら, $r_{t+1}^* = r_{t+1}$, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$, $P_{t+1}^* = P_{u,t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$, $q_{t+1} = q_{t+1} + \Delta q$ として Step 2 へ戻る。その他の場合, $q_{t+1} = q_{t+1} + \Delta q$ として Step 2 へ行く。

[Step 7] 式 (4.39) より P'_{t+1} を算出する。もし $P'_{t+1} > P_{u,t+1}$ であるなら, $P_{t+1} = P_{u,t+1}$ とする。その他の場合, $P_{t+1} = P'_{t+1}$ とする。式 (4.36) より $r_{t+1} = r(P_{t+1})$ を算出する。もし $r_{t+1} > r_{t+1}^*$ であるなら, $r_{t+1}^* = r_{t+1}$, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$, $P_{t+1}^* = P_{t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$, $q_{t+1} = q_{t+1} + \Delta q$ として Step 2 へ戻る。その他の場合, $q_{t+1} = q_{t+1} + \Delta q$ として Step 2 へ戻る。

[Step 8] 現行の r_{t+1}^* , m_{t+1}^* , P_{t+1}^* , q_{t+1}^* , $x_{t+1}^* = q_{t+1}^* - I_t$ を最適解として, アルゴリズムを終了する。

Case A の場合の計画手順 (Proc-1A)

Case 1 と Case 2 の解法アルゴリズムを基に、Case A の場合の t 期末 ($t = 0, 1, 2, \dots, H-1$) における $t+1$ 期の計画手続きをまとめれば、以下の通りである。またこれを計画のフローとして図示したものが図 4.3 である。

[Step 1] 今期の販売量： q_t ，利潤： r_t ，期末在庫： I_t を明確にし、次期 ($t+1$) 計画のためのパラメータ： $a_{t+1}, b_{t+1}, c_{P,t+1}, P_{ref,t+1}, \alpha_{t+1}, \beta_{t+1}, \gamma_{t+1}, q_{o,t+1}, c_{h,t+1}, X_{t+1}$ を見積もる。

[Step 2] もし式 (4.20) を満足するなら、 $\Delta P, \Delta q$ を設定して最適計画： $P_{t+1}^*, q_{t+1}^*, m_{t+1}^*, x_{t+1}^*, r_{t+1}^*$ をアルゴリズム (AL-1) により求める。その他の場合 Step 3 へ行く。

[Step 3] もし式 (4.33) と式 (4.34) を同時に満たすならば、 ΔP と Δq を設定して最適計画： $P_{t+1}^*, q_{t+1}^*, m_{t+1}^*, x_{t+1}^*, r_{t+1}^*$ をアルゴリズム (AL-2) により求める。

上述の手続きにおいて、 $\Delta P, \Delta q$ は計画の精度に応じて設定する。

4.3.4 利潤目標が販売量目標に優先する計画問題 (Problem 1-B) の解析と解法

Case B においては、利潤目標が達成すべき第一優先順位の目標となる。 t 期末における累積販売量および累積利潤と各目標値との関係から ($t+1$) 期の計画に対する方策として以下の 3 つのケースを考える。

Case 1：累積利潤は目標値に達していない。従って、利潤最大化計画を行う。

case 2：累積利潤は目標値に達しているが、累積販売量が目標値に達していない。従って、販売量最大化計画を行う。

Case 3：累積利潤および累積販売量ともに各目標値に達している。

Problem 1-A の解析と同様に、Case 3 は起こらないとする。また Problem 1-B の解析においても、次々期に持ち越す在庫： I_{t+1} の取扱いが問題となるが、Problem 1-A の解析と同様の理由により、意思決定変数として取り扱わないものとする。従って式 (4.18), 式 (4.19) を設定する。

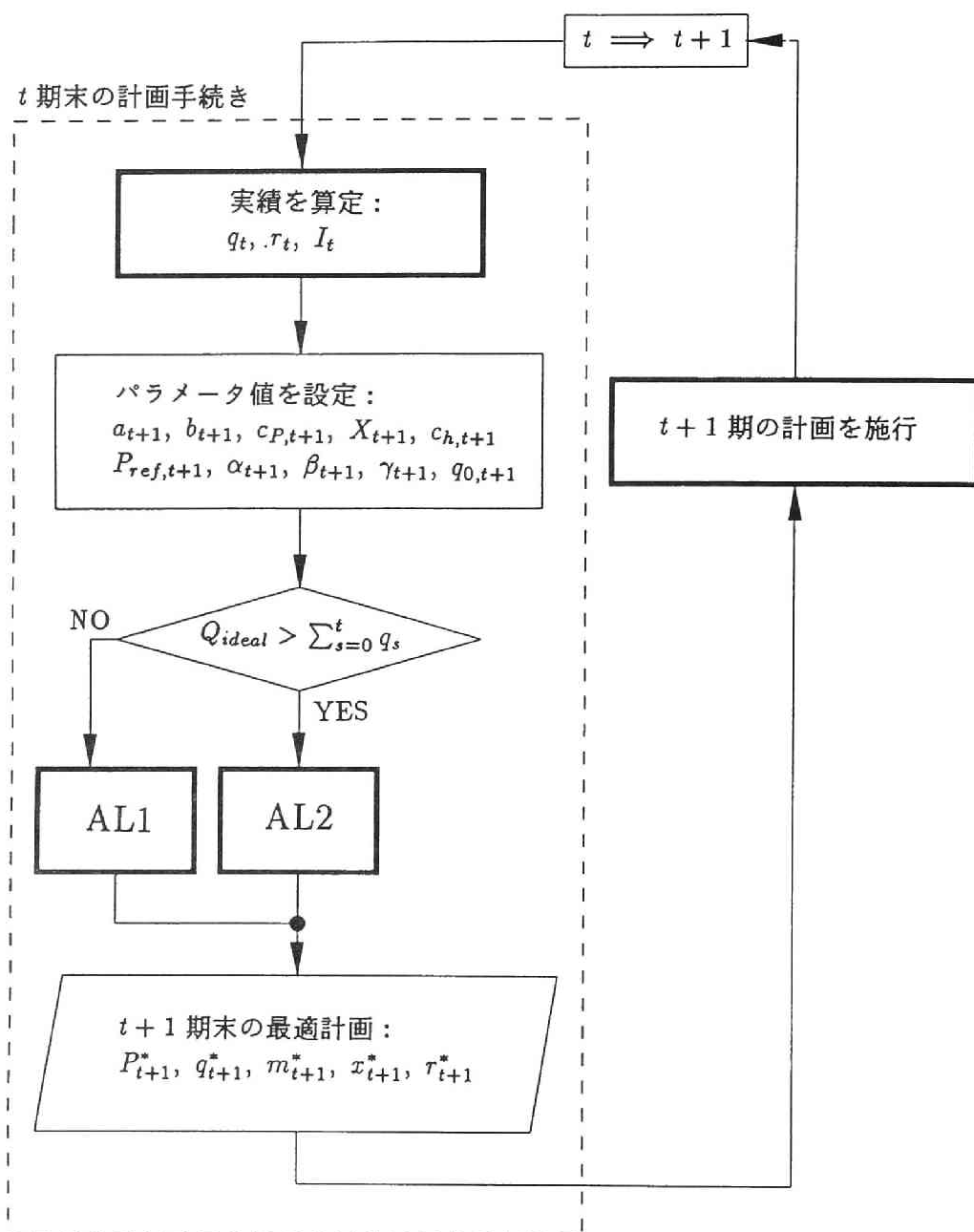


図 4.3: Case-A の場合の計画手続き (Proc-1A)

Case 1 の場合の解法

Case 1 は式 (4.34) を満たす場合である。従って、最適計画は Problem 1-A-4 であり、その解法手順である解法アルゴリズム (AL-2) によって求めることができる。

Case 2 の場合の解法

Case 2 は式 (4.20) と式 (4.21) を同時に満たす場合である。もし、 q_{t+1}^* , P_{t+1}^* , m_{t+1}^* , x_{t+1}^* を最適計画とするなら、 $q_{t+1}^* - I_t < X_{t+1}$ であるとき、最適計画は Problem 1-A-1 を解くことによって求めることができる。また $q_{t+1}^* - I_t = X_{t+1}$ であるとき、最適計画は Problem 1-A-3 を解くことによって求めることができる。従って、最適計画は解法アルゴリズム：AL-1 を修正した次の解法アルゴリズム (AL-3) によって求めることができる。

解法アルゴリズム (AL-3)

[Step 1]～[Step 5] 解法アルゴリズム (AL-1) と同じである。

[Step 6] $P_{t+1}^* = P_{t+1}$, $m_{t+1}^* = m_{t+1}$, $q_{t+1}^* = q_{t+1}$, $x_{t+1}^* = q_{t+1} - I_t$ としてアルゴリズムを終了する。

Case-B の場合の計画手順 (Proc-1B)

Case B を方略とする場合の t 期末 ($t = 0, 1, 2, \dots, H - 1$) の計画は次の手順によって策定することになる。

[Step 1] 今期の販売量： q_t ，利潤： r_t ，期末在庫： I_t を明確にし、次期計画のためのパラメータ： a_{t+1} , b_{t+1} , $c_{P,t+1}$, $P_{ref,t+1}$, α_{t+1} , β_{t+1} , γ_{t+1} , $q_{o,t+1}$, $c_{h,t+1}$, X_{t+1} を見積もる。

[Step 2] もし式 (4.34) を満足するなら、 ΔP と Δq を設定して最適計画： P_{t+1}^* , q_{t+1}^* , m_{t+1}^* , x_{t+1}^* , r_{t+1}^* をアルゴリズム (AL-2) により求める。その他の場合 step 3 へ行く。

[Step 3] もし式 (4.20) と式 (4.21) を同時に満たすなら、 ΔP と Δq を設定して最適計画： P_{t+1}^* , q_{t+1}^* , m_{t+1}^* , X_{t+1}^* , r_{t+1}^* をアルゴリズム (AL-3) により求める。

表 4.1: P M 1 の基本数値データ

t	1 ~ 6	単位
P_{ut}	15,000	円
$P_{ref,t}$	10,000	円
q_{0t}	500	個
α_t	2.4	—
β_t	0.02	個／円
γ_t	0.70	—
X_{ut}	1,500	個
a_t	300	円／個
b_t	1.4	—
c_{Pt}	1,000,000	円
c_{ht}	200	円
$\Delta q=50[\text{個}], \Delta P=100[\text{円}]$		

4.4 計画モデル：P M 1 の数値計算例

計画モデルの有効性および計画の策定手順を例示するために数値計算例を与える．基本的な設定数値を表 4.1 に示す．

例示する計画過程において， t 期末の販売量の実績値： q_t ，期末在庫量： I_t ，マーケティング活動によらないで得られる販売量： $q_{0,t+1}$ は次の手続きを用いて計算した値とする．

まず次式を用いて \check{q}_t を計算する．

$$\check{q}_t = q^* \times (1 + UDV) \quad (4.40)$$

但し，

UDV ：-0.1 から +0.1 の間の一様乱数値

もし， $\check{q}_t < q_t^*$ であるなら，

表 4.2: PM1 の数値実験の目標条件

条件名	優先順位	Q_{ideal} [個]	R_{ideal} [円]
Example 1-1	販売量目標 ≧ 利潤目標	10,000	20,000,000
Example 1-2	販売量目標 ≧ 利潤目標	5,000	20,000,000
Example 1-3	販売量目標 ≦ 利潤目標	5,000	30,000,000
Example 1-4	販売量目標 ≦ 利潤目標	5,000	18,000,000

$$q_t = \check{q}_t \quad (4.41)$$

$$I_t = q_t^* - \check{q}_t \quad (4.42)$$

もし、 $\check{q}_t \geq q_t^*$ であるなら、

$$q_t = q_t^* \quad (4.43)$$

$$q_{0,t+1} = q_{0,t+1} + \check{q}_t - q_t^* \quad (4.44)$$

ここで、 q_t^* は、 $(t-1)$ 期末の計画時に予測した t 期販売量である。

以上の基礎データを基に、表 4.2 のような 4 つの目標条件を用いて数値実験を行った。各結果を図 4.4 から図 4.7 に示す。

Example 1-1 および 1-2 は、Case A の計画手順 (Proc-1A) の適用事例であり、Example 1-3 および 1-4 は、Case-B の計画手順 (Proc-1B) の適用事例である。また、Example 1-2 および 1-4 は、 $t < H$ で優先順位が上位にある目標が達成する場合である。いずれの数値実験にしても掲げた目標を達成するよう各期の計画が実績を考慮しながら的確に行われていることがわかる。特に、Example 1-2, 1-4 では、上位の優先順位にある目標が達成されると下位にある目標を達成すべく各期の計画がダイナミックに行われていくことがわかる。

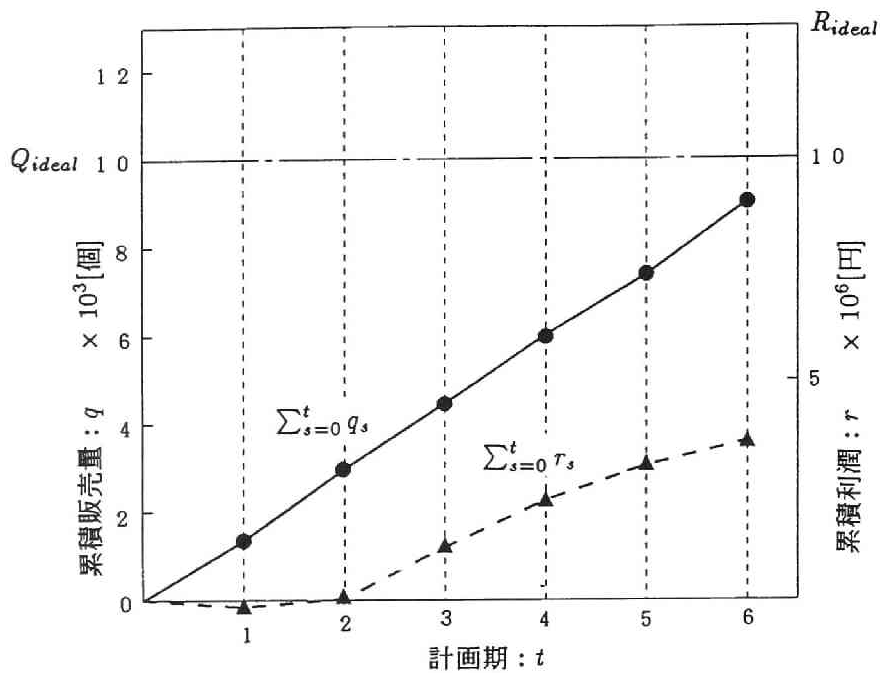


図 4.4: Example 1-1 の数値実験結果

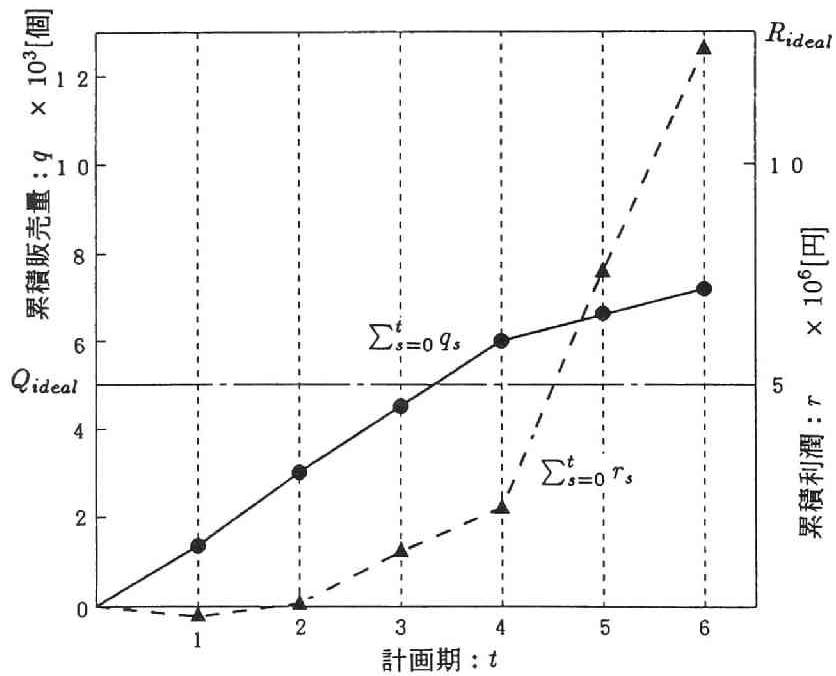


図 4.5: Example 1-2 の数値実験結果

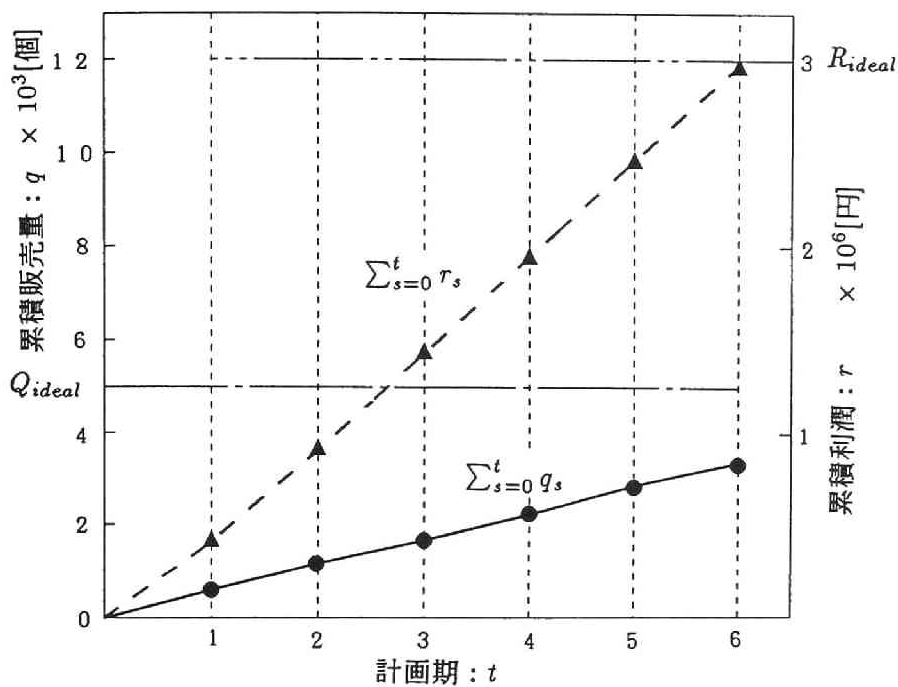


図 4.6: Example 1-3 の数値実験結果

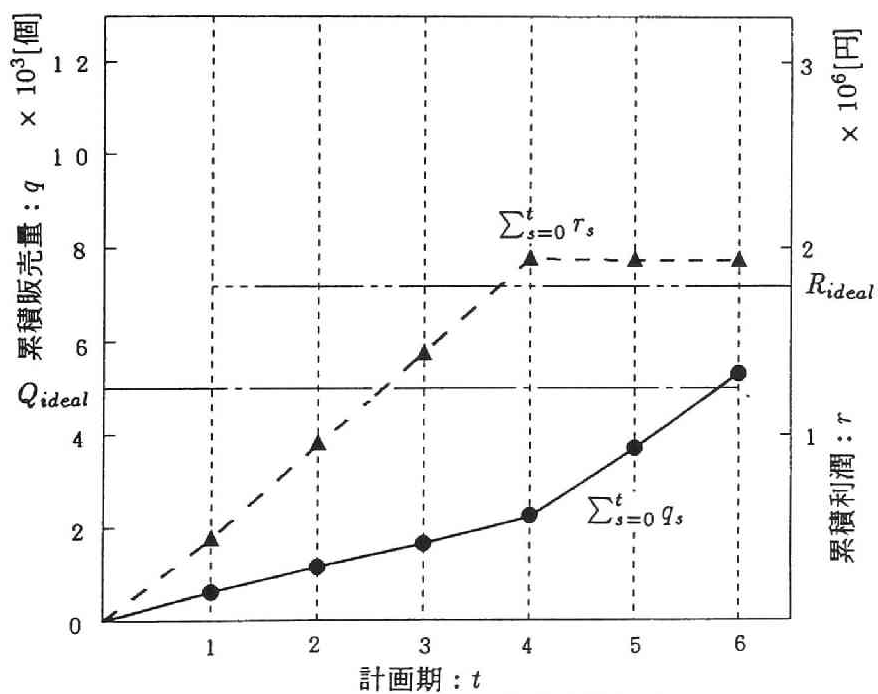


図 4.7: Example 1-4 の数値実験結果

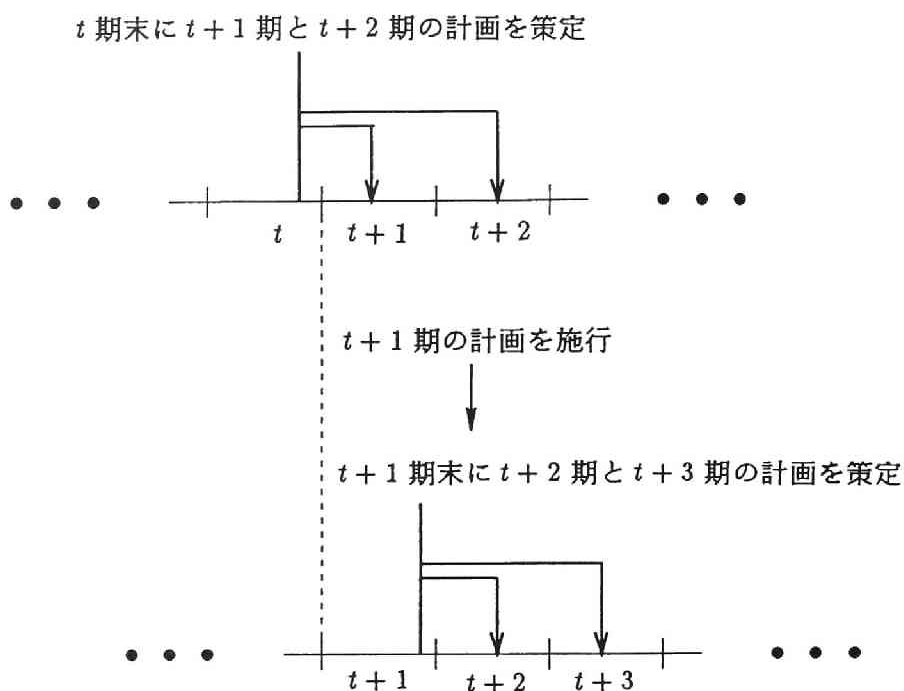


図 4.8: 計画モデル PM 2 の計画方法

4.5 次期および次々期の予測市場・生産条件を基にした計画モデル 2 (PM 2)

計画モデル 2 は、図 4.8 に示すように、各期 t ($t = 0, 1, 2, \dots, H - 2$) の期末において $(t + 1)$ 期の計画だけでなく、 $(t + 2)$ 期の計画も同時に策定し、次期の計画として $(t + 1)$ の計画を採用する計画モデルである。PM 1 と同様の前提条件が $(t + 1)$ 期だけでなく、 $(t + 2)$ 期に対しても適用できるとする。

この場合、販売量目標と利潤目標のどちらを優先するかの方略に対応して、PM 1 と同様に 2 つのケース：Case A と Case B がある。Case B については、PM 1 と同様に Case A の解法アルゴリズムを修正して構築することができることより、ここでは Case A（販売量目標 \gg 利潤目標）について考察する。

4.5.1 計画問題の定式化

Case A の場合の t ($t = 0, 1, 2, \dots, H-2$) 期末において行われる $(t+1)$ 期と $(t+2)$ 期の計画は以下のように定式化できる.

Problem 2-A

達成関数：

$$[n_1, n_2] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (4.45)$$

制約条件：

$$\sum_{k=t+1}^{t+2} q_k + n_1 - p_1 = Q_{ideal} - \sum_{s=0}^t q_s \quad (4.46)$$

$$\sum_{k=t+1}^{t+2} r_k + n_2 - p_2 = R_{ideal} - \sum_{s=0}^t r_s \quad (4.47)$$

$$P_k \leq P_{u,k} \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.48)$$

$$q_k = \left(\frac{P_{ref,k}}{P_k} \right)^{\alpha_k} \beta_k m_k^{\gamma_k} + q_{o,k} \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.49)$$

$$x_k \leq X_k \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.50)$$

$$C_{P,k} = a_k x_k^{b_k} + c_{P_0,k} \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.51)$$

$$C_{H,k} = c_{h,k} \frac{I_k + I_t}{2} \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.52)$$

$$I_k = I_t + x_k - q_k \geq 0 \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.53)$$

$$r_k = q_k P_k - C_{P,k} - C_{H,k} - m_k \geq 0 \quad (k = t+1, t+2) \quad (4.54)$$

$$n_2, p_2, n_1, p_1 \geq 0 \quad (4.55)$$

決定変数 : $q_k, P_k, m_k, x_k, I_k (k = t+1, t+2)$

パラメータ : $q_s, r_s (s = 0, 1, 2, \dots, t),$

$a_k, b_k, c_{P_0,k}, P_{ref,k}, \alpha_k, \beta_k, \gamma_k,$

$q_{0,k}, c_{h,k}, I_t, X_k (k = t+1, t+2); Q_{ideal}, R_{ideal}$

但し,

$P_{ref,k}$: $(k-1)$ 期価格が k 期販売量へ与える影響を考慮する上での参考価格 ($k = t+1, t+2$)

m_k : k 期の広告や販売促進活動等のマーケティング活動予算 ($k = t+1, t+2$)

$\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$: k 期の反応関数を定義するパラメータ ($k = t+1, t+2$)

$q_{0,k}$: バックオーダー及び販売促進活動や価格効果によらないで得られる k 期販売量

$a_k, b_k, c_{P,k}$: 生産費用に関するパラメータ ($k = t+1, t+2$)

$c_{h,k}$: k 期における製品 1 個当たりの在庫費用 ($k = t+1, t+2$)

I_k : $(k-1)$ 期の期末在庫 ($k = t+1, t+2$)

4.5.2 計画問題の解析と解法の概略

上記の問題の解析において、 $(t+3)$ 期に持ち越す在庫 : I_{t+2} が問題となるが、計画モデル PM1 と同様の理由により、本研究では考慮しないものとする。つまり、 $(t+1)$ 期と $(t+2)$ 期の計画においては $(t+3)$ 期に関する各種情報を考慮しないことによる。従って、次式を Problem 2-A の制約条件につけ加える。

$$I_{t+2} = 0 \quad (4.56)$$

計画モデル PM2 においては、 $(t+1)$ 期から $(t+2)$ 期に持ち越す在庫 : I_{t+1} を考慮する。この在庫を考慮することは、販売量と利潤の増加に貢献する可能性を秘めている。さらに、計画問題 : Problem 2-A の解法に際して、この在庫量に任意の値を与えれば計画問題を 2 つの独立した問題に分割できる。1 つは $(t+1)$ 期の計画問題であり、もう一つは $(t+2)$ 期に関する計画問題である。さらに、このように元問題を二

つの問題に分割できれば、各問題の解法は、計画モデルPM1の解法アルゴリズムを利用できる。従って在庫量： I_{t+1} はPM2において重要な役割を演ずることになる。

以上の考察より、上記計画問題の解法として次のような解法を提案する。

在庫量に関する変数： I_{t+1} に、0から在庫量の上限： $I_{u,t+1}$ まで順次、適当な増分値： ΔI として次々と与える。与えられた在庫量に対して、まず $(t+1)$ 期に対する計画問題を解き、その条件下での最適計画： \hat{q}_{t+1} と \hat{r}_{t+1} を得る。次にその結果を与条件として、 $(t+2)$ 期の計画を行う。この手続きを繰り返し、 $(t+2)$ 期末に最良の結果を得る計画を最適計画とする。解法のためのアルゴリズムは、PM1において構築したアルゴリズムを修正することによって得ることができ、そのフローを図4.9に示す。なお、在庫量の上限值： $I_{u,t+1}$ は次式によって与えられる。

$$I_{u,t+1} = I_t + X_{t+1} - q_{o,t+1} \quad (4.57)$$

図4.9において、 q^* 、 r^* は、 $(t+1)$ 、 $(t+2)$ 期において得られる最適販売量および最適利潤を表しており、最初0と設定し、アルゴリズムの過程で、改善される解が得られた時点でそれまでの値を更新することによって最適解を得る。

4.6 計画モデルPM2の数値計算例とPM1との比較

本節では、計画モデルPM2の計画策定手順と有効性を示すため、数値計算例を与える。またPM2とPM1の計画モデルを比較するため、同一条件で数値実験を行った結果を示す。

4.6.1 計画モデルPM2の数値計算例

基本データを表4.3に示す。本論文で提起した計画モデルはCase-Aに限られるため、販売量目標≫利潤目標の場合に限られるが、行った数値実験の目標条件を表4.4に示す。

計画過程において、 t 期末の販売量の実績値： q_t 、期末在庫量： I_t 、マーケティング活動によらないで得られる販売量： $q_{o,t+1}$ はPM1の数値実験と同じ方法によって仮の

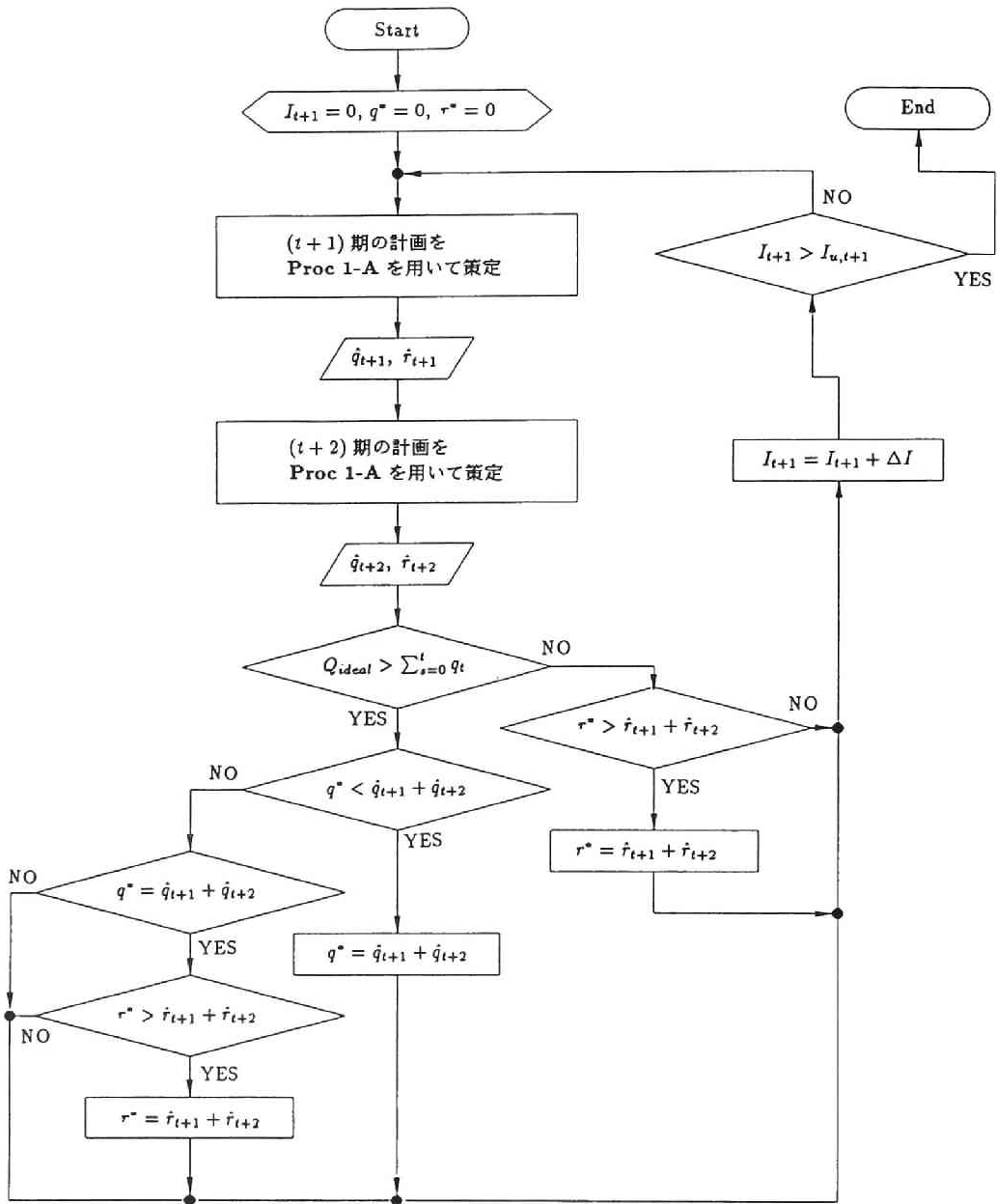


図 4.9: 計画モデル PM 2 ; Case-A の場合の解法アルゴリズム

表 4.3: P M 2 の数値実験基本データ

t	1	2	3	4	5	6	単位
P_{ut}	1,500	←	←	←	←	←	円
$P_{ref,t}$	10,000	←	←	←	←	←	円
q_{0t}	500	←	←	←	←	←	個
α_t	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	—
β_t	0.02	←	←	←	←	←	個／円
γ_t	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	—
X_t	1,500	←	←	←	←	←	個
a_t	300	←	←	←	←	←	円／個
b_t	1.4	←	←	←	←	←	—
c_{Pt}	1,000,000	←	←	←	←	←	円
c_{ht}	1,000	←	←	←	←	←	円
$\Delta q=50[\text{個}], \Delta P=100[\text{円}], \Delta I=50[\text{個}]$							

(注) ← は左に同じことを示す.

表 4.4: P M 2 数値実験の目標条件

条件名	優先順位	$Q_{ideal}[\text{個}]$	$R_{ideal}[\text{円}]$
Example 2-1	販売量目標≫利潤目標	8,000	14,000,000
Example 2-2	販売量目標≫利潤目標	4,000	14,000,000

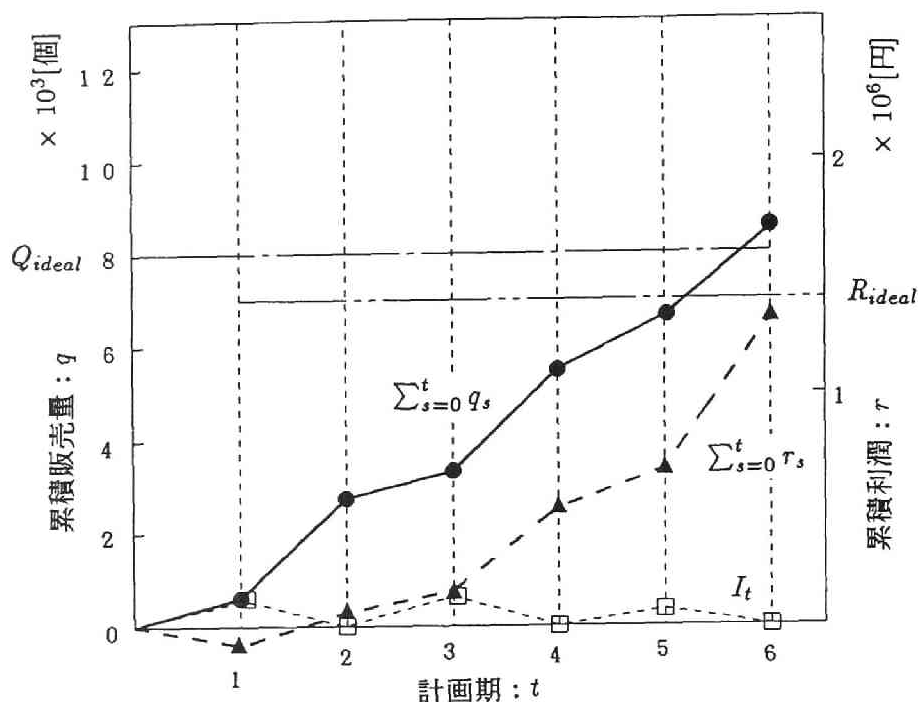


図 4.10: Example 2-1 の数値実験結果

実績販売量 \tilde{q}_t を計算して与えるものとする。

以上の基礎データおよび目標条件を用いて数値実験を行った結果を、図 4.10, 4.11 に示す。図中には、PM 1 では示さなかった I_t を示してある。これは PM 2 においては、前述したように在庫量が重要な役割を演じるからである。

両者とも利潤目標は同じであるが、販売量目標において Example 2-1 は Example 2-2 より高く設定した。数値実験の結果、前者は第 6 期において目標販売量は達成されるが、後者は第 4 期において販売量目標は達成される。特に後者において、販売量目標が達成された第 5 期以降においては利潤目標の達成が優先され、利潤最大化計画が策定され、第 6 期において利潤目標は達成されることがわかる。それに対し、前者は、目標販売量は達成されるが、目標利潤は達成されていない。また、PM 2 において重要な役割を演ずる在庫量については、掲げた目標を達成すべく適切な在庫が設定されていく。設定した数値データの下では、両方の結果とも、第 3 期までは、販売量目標の達成が優位となるため、同じ在庫量の推移となるが、第 4 期以降では Example 2-2 の在庫量の方が、Example 2-1 の場合より高くなる。これは与えた基礎データの下では、利潤目標が優位となる Example 2-2 の第 4 期以降では、適切な在庫は利潤の

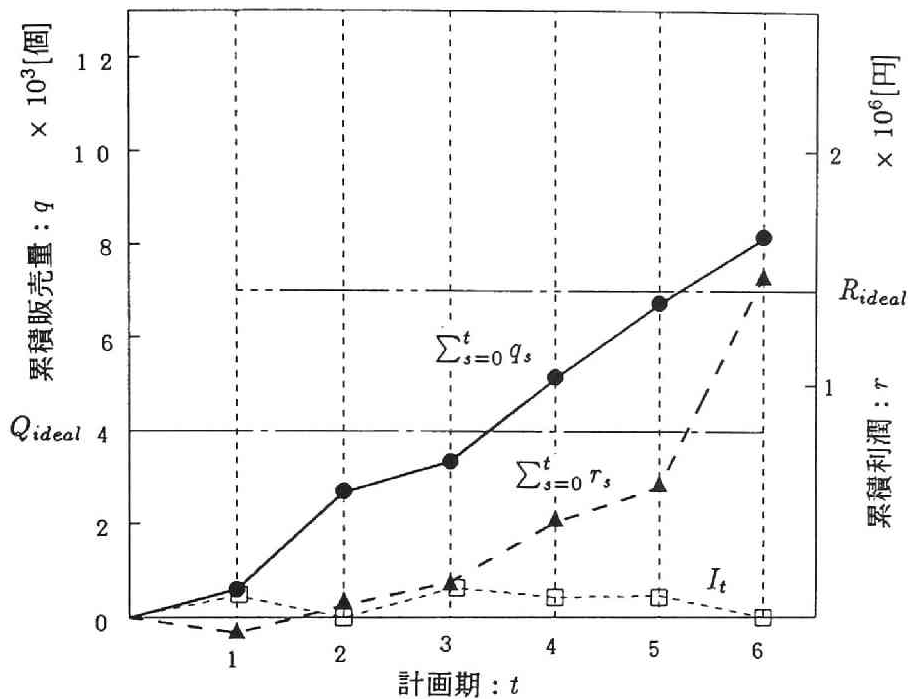


図 4.11: Example 2-2 の数値実験結果

増加に貢献することがわかる。

4.6.2 PM1 と PM2 の比較

計画モデルPM1は、次期の計画だけを策定してそれを実施していく計画モデルであり、計画モデルPM2は、次期と次々期の計画を策定して次期の計画を実施していく計画モデルであった。ここでは、両者を比較し、各々の優位性について考察する。設定した数値データは前項の Example 2-1 と同じデータを用いて、そのデータに対してPM1とPM2を適用した。数値実験の結果を図 4.12に示す。

図 4.12より、PM1、PM2とも目標販売量は達成されるが、第6期における累積利潤はPM2の結果が目標利潤に近い値となっていることがわかる。第1期から第5期まで、販売量は目標販売量に達しないことから、目標販売量の達成が優先される。しかし、この条件下でも、計画モデルは、各期の計画過程において同一の販売量ならば利潤が多くなる生産計画とマーケティング計画が採用されるように働く。PM2の適用結果において利潤が多くなるのは、在庫を考慮することによって対処しているためである。従って得られた結果の判断は、最終的には意思決定者に委ねられるが、な

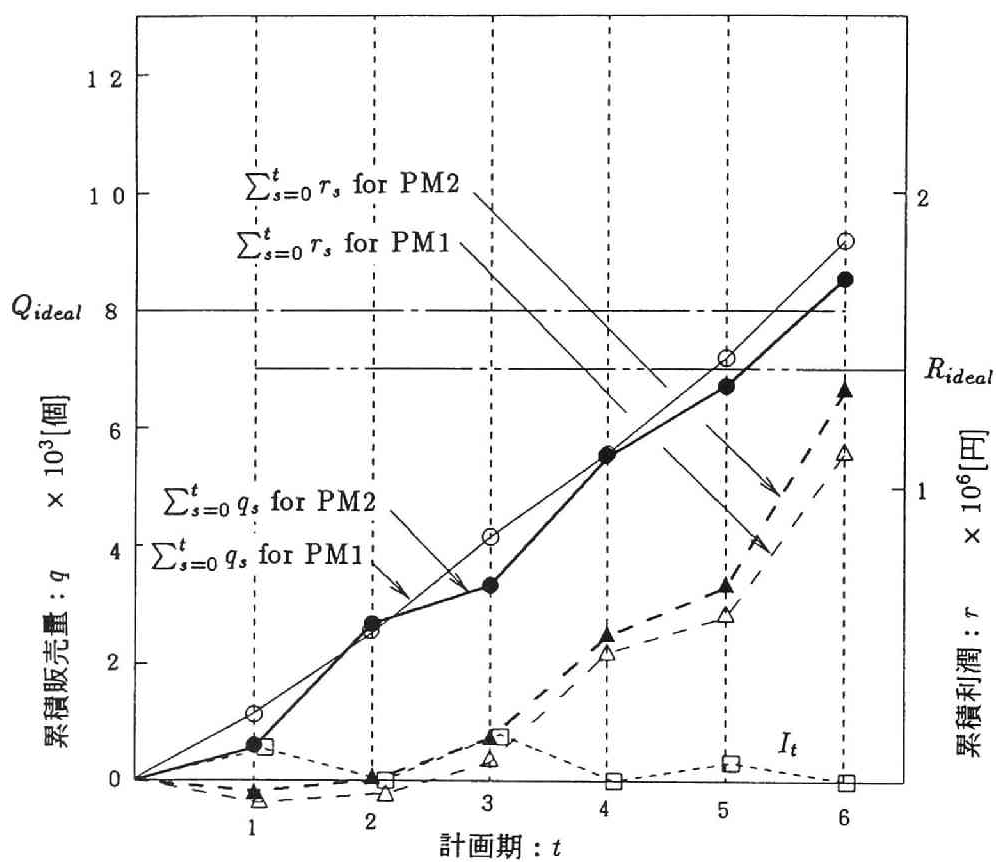


図 4.12: PM 1 と PM 2 の比較

るべく利潤が多いことを望む場合、設定した基礎データの下ではPM2がPM1より優れていることになる。しかし、PM2を適用するには、次々期の反応関数や生産費用に関するパラメータを設定するための情報が必要となる。消費者行動や経営環境の不確実性が高い場合、リスクを回避するため、PM1を採用する方策もあり、その決定は意思決定者に委ねられることになる。

4.7 結 言

本章では、市場の不確実性に焦点を当てた動学的多目標プロダクション・マーケティング統合計画モデルを構築し、以下の考察を行った。

(1) 設定した計画期間内に達成すべき目標販売量、目標利潤および各目標の達成優先順位を方略的観点から与え、計画期間内の各々の期末において次期の需要反応関数および生産費用に関するパラメータを設定し、次期の計画を策定し、施行する動学的多目標統合計画モデルPM1を構築した。

(2) 構築した計画モデルPM1を目標計画問題として定式化し、販売量目標 \gg 利潤目標の場合と販売量目標 \ll 利潤目標の各優先順位の計画問題を解析し、最適解を与える解法アルゴリズムを構築した。

(3) 次期だけでなく、次々期の需要反応関数および生産費用に関するパラメータを設定し、次期と次々期の計画を策定して次期の計画を施行する統合計画モデルPM2を構築するとともに、販売量目標 \gg 利潤目標の場合について計画問題を解析した。この解析結果を基に、次期から次々期に持ち越す在庫量に注目し、PM1の解法アルゴリズムを有効に利用した解法アルゴリズムを構築した。

(4) 提起した計画モデルPM1およびPM2の有効性を示すため、各々の計画モデルに対して数値例を与えて数値実験を行い、計画モデルが設定条件に対して有効に働くことを確認した。

(5) また両者の比較を行うため、販売量目標 \gg 利潤目標の場合について、同一の数値データの下に数値実験を試みた。その結果、次々期の各種パラメータについて比較的正確な設定が可能ならば、計画モデルPM2は次期から次々期に持ち越す在庫が

有効に働いて、設定した目標条件の下では利潤がより多く確保される計画モデルであることがわかった。

第5章 製品の導入・撤退時期を経営の多目標性を考慮して決定する動学的製品選択計画モデルの構築

5.1 緒言

生産とマーケティングという企業の二大職能を統合的観点より研究する立場から、第2章では、統合計画の方略性に焦点を当て、方略的販売目標を考慮して利潤最大化計画を策定する計画モデルについて、また第3章では、多目標性に焦点を当て、価格目標、販売目標および利潤目標の三つの目標に同時に対処する計画モデルを報告した。さらに第4章では、不確実性の高い市場環境に対処するとともに計画の多目標性を考慮した動学的多目標統合計画モデルを構築した。生産・販売すべき製品がすでに決まっている場合、その製品のマーケティング計画や生産計画を、設定した経営方略に沿うよう、いかに合理的・効率的に策定するかを考えることは重要なことである。一方、製品の多様化、ライフ・サイクルの短命化の進展する中、企業は既存のどの製品をいつ市場から撤退し、新製品としてどんな製品をいつ導入するかという製品選択の意思決定に常に迫られる。この問題は、市場環境と所有する企業内資源とを照らしあわせながら行う必要があることから、生産部門とマーケティング部門の統合的観点から考えることは重要な問題である。

製品選択に関する研究は、生産分野では、生産条件を固定した研究 [134] から変動的な生産条件を考慮した研究 [53], [64], [59] にその焦点が移っている。マーケティングの部門では、研究成果を Kotler [79] がまとめているが、近年におけるこの分野の主な研究は、PPM(Product Portfolio Matrix) に代表されるように対象とする製品の市場における位置づけに関する定性的研究である [119]。高額な生産設備を必要とし、市場のニーズへの即時即応が要求される現在、製品選択に関する研究も生産とマーケティングの統合的観点から行う必要がある。さらに従来のような静的研究だけでなく、導入、撤退の時期をいつにするかを計画する動学的研究が要求される。

本章では以上の観点より、考慮下にある製品のうち、どの製品をいつ生産・販売を開始するのか、またどの製品をいつ生産・販売を中止するかを決定する動学的製品選

計画モデルを構築する。計画モデルでは、設定した複数の経営目標の下に、マーケティング部門のマーケティング計画と生産部門での生産計画を考慮して製品選択を行う。計画問題は非線形の混合整数目標計画問題として定式化するが、統合的観点で行う製品選択計画はその性質上、極めて包括的な計画であることから概略的計画でもその効果は十分あるとの判断の下、利潤に着目することによって、0-1型の目標計画問題に集約して計画を策定することを考える。なお、これに伴い0-1型の目標計画法の解法アルゴリズムを提起するが、それについては第6章において詳述する。

5.2 計画モデルの構築

5.2.1 計画モデルの前提条件と定式化

計画モデル全般

本章では、製品選択計画をマーケティング部門と生産部門を統合した観点で行うばかりでなく、製品の導入時期および撤退時期を計画する。計画モデル全般にわたって次の前提をおく。

- (1) 見込み生産型企業を計画の対象とする。
- (2) 計画期間は多期間であり、その指標を t ($t = 1, 2, \dots, H$) とする。
- (3) 企業は現在 I 種類の製品を生産・販売しており、計画期間においてこれらの製品のいくつかの生産・販売を停止し、市場から撤退すること(以降、撤退と略す)を考えているものとする。

第 i ($i = 1, 2, \dots, I$) 製品を t 期まで生産・販売するとき 1, そうでないとき 0 とする変数を u_{it} とするとき、次式を満足しなくてはならない。

$$\sum_{t=1}^H u_{it} \leq 1 \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (5.1)$$

- (4) 企業は計画期間において導入可能な J 種の製品のうち、いくつかを新製品として生産・販売を開始すること(以降、導入と略す)を考えているものとする。

第 j ($j = 1, 2, \dots, J$) 製品を t 期から生産・販売を開始するとき 1, そうでないとき 0 とする変数を v_{jt} とするとき、次式を満足しなくてはならない。

$$\sum_{t=1}^H v_{jt} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, J) \quad (5.2)$$

マーケティング部門

製品選択は種々の経営目標を満足するように決定する。それら経営目標に関連するマーケティング部門の要因は、個々の製品に対するマーケティング・ミックスとその結果である販売量である。本研究ではマーケティング・ミックスに対する計画を製品選択を行う際に同時に考慮する。マーケティング・ミックスの要素として、広告を含む販売促進活動と価格を考える。その結果得られる販売量を後述する前提(3)の式(5.3), (5.4)で予測する。

(1) 販売促進活動の基となる予算および価格は各期ごとに決められ、既存製品について m_{it}, P_{it} ($i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H$), 新製品について m_{jt}, P_{jt} ($j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H$) とする。

(2) 各期の販売促進活動および価格の販売量への効果は、当該期においてのみ現れるとし、以降の期への持続効果はないとする。また製品相互に影響を及ぼさないものとする。

(3) 既存の製品 i および新製品 j の t 期販売量: q_{it} および q_{jt} は、次式で表すことができるとする。

$$q_{it} = \left(\frac{P_{ref,i}}{P_{it}} \right)^{\alpha_{it}} \beta_{it} m_{it}^{\gamma_{it}} + q_{0it} \quad (i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.3)$$

$$q_{jt} = \left(\frac{P_{ref,j}}{P_{jt}} \right)^{\alpha_{jt}} \beta_{jt} m_{jt}^{\gamma_{jt}} + q_{0jt} \quad (j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.4)$$

但し

$P_{ref,i}, P_{ref,j}$: 既存製品 i および新製品 j の参照価格

$\alpha_{it}, \alpha_{jt}, \beta_{it}, \beta_{jt}, \gamma_{it}, \gamma_{jt}$: 定数

q_{0it}, q_{0jt} : 販売促進活動や価格の変更によらないで得られる既存製品 i および新製品 j の t 期予測販売量

(4) 新製品 j の生産・販売を開始する場合、マーケティング部門に関する準備資金として F_{MKj} ($j = 1, 2, \dots, J$) が計画期間内に必要であるとする。

以上の前提の下に、マーケティング部門に関する計画期間内での総費用： C_{MK} および総販売量： Q は次式となる。

$$C_{MK} = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I m_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J m_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) + \sum_{j=1}^J F_{MKj} \sum_{t=1}^H v_{jt} \quad (5.5)$$

$$Q = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I q_{it} \sum_{k=t}^H + \sum_{j=1}^J q_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) \quad (5.6)$$

生産部門

生産部門において製品選択は、人や機械などの企業内資源の有効活用という観点から行われる。特に、FMSに代表される高額な設備が導入されている場合、それを有効に利用できるかどうかは企業の存亡にも関わる。

本章では、製品選択を行うに際し、各期各製品の生産量計画を同時に考える。計画モデルの構築にあたり、次の前提をおく。

(1) マーケティング部門の計画との均衡において導出された各期各製品の販売すべき量： q_{it}, q_{jt} に対する生産はその期において行い、各期各製品の生産量を x_{it}, x_{jt} とすると、次式で表される。

$$x_{it} = q_{it} \quad (i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.7)$$

$$x_{jt} = q_{jt} \quad (j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.8)$$

(2) 各期各製品の生産費用は生産量に対して線形性を仮定し、一個当たりの生産費用を c_{pi}, c_{pj} とする。

(3) 新製品の生産を開始するに際し、その準備費用として F_{Pj} が必要であるとする。

以上の前提の下に計画期間内の生産部門に関する費用： C_P は次式で算定する。

$$C_P = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I c_{pi} x_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J c_{pj} x_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) + \sum_{j=1}^J F_{Pj} \sum_{t=1}^H v_{jt} \quad (5.9)$$

また製品 1 個当たりの生産時間は計画期間内では等しいとして、既存製品、新製品について e_i, e_j とすれば、各期の総生産時間： T_t は次式で表される。

$$T_t = \sum_{i=1}^I e_i x_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J e_j x_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.10)$$

利 潤

既存の製品 i または新製品 j を t 期において生産・販売したときに得る利潤を r_{it}, r_{jt} とすると、次式で表される。

$$r_{it} = P_{it} q_{it} - c_{pi} x_{it} - m_{it} \quad (t = 1, 2, \dots, H; i = 1, 2, \dots, I) \quad (5.11)$$

$$r_{jt} = P_{jt} q_{jt} - c_{pj} x_{jt} - m_{jt} \quad (t = 1, 2, \dots, H; j = 1, 2, \dots, J) \quad (5.12)$$

以上より、計画期間内で得られる総利潤： R は次式となる。

$$R = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I r_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J r_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) - \sum_{j=1}^J (F_{MKj} + F_{Pj}) \sum_{k=1}^t v_{jk} \quad (5.13)$$

5.2.2 計画の目標

製品選択を行うとき、代表的経営目標である利潤に関わる目標だけでなく、長期的経営方略に添った目標を考慮することが肝要である。また、全社的経営目標だけでなく、生産部門やマーケティング部門に関する目標も同時に考えることが、速やかな生産計画およびマーケティング計画を施行するためには必要である。

本章では、まず生産部門に関する目標として、企業内資源の有効利用という観点から、次の目標を計画の目標として掲げる。

目標 1 : 各期の総生産時間 : T_t を理想的生産時間 : $T_{ideal,t}$ に近づける.

次にマーケティング部門に関する目標として次を設ける.

目標 2 : マーケティング部門に関する費用 : C_{MK} は, 設定値 $C_{u,MK}$ を越えないようにする.

最後に全社の経営目標として方略的観点から次の 3 つを設ける.

目標 3 : 総利潤 : R を目標利潤 : R_{ideal} に近づける.

目標 4 : 総販売量 : Q を目標販売量 : Q_{ideal} に近づける.

目標 5 : 計画期間内に少なくとも L 種の新製品の導入を計る.

目標 5 に関して, 計画期間内で新たに導入する製品数を ℓ とすると, これは次式で表される.

$$\ell = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^H v_{jt} \quad (5.14)$$

5.2.3 計画問題の設定

前項で述べた複数の目標は, 企業のおかれている市場環境, 経営方略などによって優先順位が異なる. 本研究では仮に次のように優先順位を設定する.

優先順位 1 : 目標 5 (導入する製品数に関する目標)

優先順位 2 : 目標 3 (利潤に関する目標)

優先順位 3 : 目標 1 (生産時間に関する目標)

優先順位 4 : 目標 2 (マーケティング費用に関する目標)

優先順位 5 : 目標 4 (販売量に関する目標)

この優先順位の下に, 計画問題を Ignizio の定式化の方法による目標計画法として定式化すれば, 次のようになる.

達成関数 :

$$[n_5, n_3, \sum_{t=1}^H (n_{1t} + p_{1t}), p_2, n_4] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (5.15)$$

制約条件：

$$T_t + n_{1t} - p_{1t} = T_{ideal,t} \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.16)$$

$$C_{MK} + n_2 - p_2 = C_{u,MK} \quad (5.17)$$

$$R + n_3 - p_3 = R_{ideal} \quad (5.18)$$

$$Q + n_4 - p_4 = Q_{ideal} \quad (5.19)$$

$$\ell + n_5 - p_5 = L \quad (5.20)$$

式 (5.1)～式 (5.14)

$$u_{it} = 1 \quad \text{or} \quad 0 \quad (i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.21)$$

$$v_{jt} = 1 \quad \text{or} \quad 0 \quad (j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.22)$$

$$n_{1t}, p_{1t} \geq 0 \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.23)$$

$$n_2, p_2, n_3, p_3, n_4, p_4, n_5, p_5 \geq 0 \quad (5.24)$$

決定変数 : $x_{it}, u_{it}, m_{it}, P_{it} (i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H),$

$x_{jt}, v_{jt}, m_{jt}, P_{jt} (j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H)$

パラメータ : $\alpha_{it}, \gamma_{it}, \beta_{it}, c_{pi}, e_i, P_{ref,i}, q_{0it} (i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H),$

$\alpha_{jt}, \gamma_{jt}, \beta_{jt}, c_{pj}, e_j, F_{MKj}, F_{Pj}, P_{ref,j}, q_{0jt} (j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H),$

$T_{ideal,t} (t = 1, 2, \dots, H), C_{u,MK}, R_{ideal}, Q_{ideal}, L$

5.3 計画モデルの解法

上述の問題は、0-1型変数を含む非線形混合整数計画問題である上に、多目標計画問題であることより元問題のまま解くのは難しい。また計画モデルの実用環境を考えれば、このモデルが用いられる意思決定の場面は、極めて包括的レベルあり、概略的計画であっても、計画の対象となっている製品の導入もしくは撤退時期を示唆する情報が得られるだけでも十分に価値がある。このことより、このモデルの用いられる意思決定環境下では、次の前提をおき、動学的な製品選択計画が策定されるとする。

(1) 各期各製品の価格： P_{it}, P_{jt} ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H$) は与えられるものとして動学的製品選択計画を行うものとする。

(2) t 期において、製品 i または j を生産・販売する場合、各期各製品において得られる利潤： r_{it}, r_{jt} を最大にするよう生産量、販売量および販売促進活動予算は予め決め、動学的製品選択計画を行うものとする。

以上の前提に従って、各期各製品に設定する販売促進活動予算およびその結果として得られる販売量、生産量、利潤を、 $\tilde{m}_{it}, \tilde{q}_{it}, \tilde{x}_{it}, \tilde{r}_{it}$ ($i = 1, 2, \dots, I; t = 1, 2, \dots, H$) とすれば、それらは次のようにして求めることができる。

式 (5.3), (5.11) より,

$$\begin{aligned} r_{it} &= P_{it}q_{it} - c_{pi}x_{it} - m_{it} \\ &= (P_{it} - c_{pi}) \left\{ \left(\frac{P_{ref,i}}{P_{it}} \right)^{\alpha_{it}} \beta_{it} m_{it}^{\gamma_{it}} + q_{0it} \right\} - m_{it} \end{aligned} \quad (5.25)$$

$$\frac{dr_{it}}{dm_{it}} = 0 \text{ より,}$$

$$\tilde{m}_{it} = \left\{ \frac{1}{(P_{it} - c_{pi})\beta_{it}\gamma_{it}} \cdot \left(\frac{P_{it}}{P_{ref,i}} \right)^{\alpha_{it}} \right\}^{\frac{1}{\gamma_{it}-1}} \quad (5.26)$$

$$\tilde{q}_{it} = \left(\frac{P_{ref,i}}{P_{it}} \right)^{\alpha_{it}} \beta_{it} \tilde{m}_{it}^{\gamma_{it}} + q_{0it} \quad (5.27)$$

$$\tilde{x}_{it} = \tilde{q}_{it} \quad (5.28)$$

$$\tilde{R}_{it} = (P_{it} - c_{pi})\tilde{q}_{it} - \tilde{m}_{it} \quad (5.29)$$

同様に、 $\tilde{m}_{jt}, \tilde{q}_{jt}, \tilde{x}_{jt}, \tilde{r}_{jt}$ ($j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H$) は次のように求めることができる。

式 (5.4), (5.12) より,

$$\begin{aligned} r_{jt} &= P_{jt}q_{jt} - c_{pj}x_{jt} - m_{jt} \\ &= (P_{jt} - c_{pj}) \left\{ \left(\frac{P_{ref,j}}{P_{jt}} \right)^{\alpha_{jt}} \beta_{jt} m_{jt}^{\gamma_{jt}} + q_{0jt} \right\} - m_{jt} \end{aligned} \quad (5.30)$$

$$\frac{dr_{jt}}{dm_{jt}} = 0 \text{ より,}$$

$$\tilde{m}_{jt} = \left\{ \frac{1}{(P_{jt} - c_{pj})\beta_{jt}\gamma_{jt}} \cdot \left(\frac{P_{jt}}{P_{ref,j}} \right)^{\alpha_{jt}} \right\}^{\frac{1}{\gamma_{jt}-1}} \quad (5.31)$$

$$\tilde{q}_{jt} = \left(\frac{P_{ref,j}}{P_{jt}} \right)^{\alpha_{jt}} \beta_{jt} \tilde{m}_{jt}^{\gamma_{jt}} + q_{0jt} \quad (5.32)$$

$$\tilde{x}_{jt} = \tilde{q}_{jt} \quad (5.33)$$

$$\tilde{r}_{jt} = (P_{jt} - c_{pj})\tilde{q}_{jt} - \tilde{m}_{jt} \quad (5.34)$$

以上より、解くべき問題は、0-1変数： u_{it} , v_{jt} を変数とする次の目標計画問題となる。

達成関数：

$$[n_5, n_3, \sum_{t=1}^H (n_{1t} + p_{1t}), p_2, n_4] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (5.15)$$

制約条件：

式 (5.1)～式 (5.2)

式 (5.14)

式 (5.16)～式 (5.24)

式 (5.26)～式 (5.29)

式 (5.29)～式 (5.32)

$$C_{MK} = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I \tilde{m}_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J \tilde{m}_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) + \sum_{j=1}^J F_{MKj} \sum_{t=1}^H v_{jt} \quad (5.35)$$

$$Q = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I \tilde{q}_{it} \sum_{k=t}^H + \sum_{j=1}^J \tilde{q}_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) \quad (5.36)$$

$$C_P = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I c_{pi} \tilde{x}_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J c_{pj} \tilde{x}_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) + \sum_{j=1}^J F_{Pj} \sum_{t=1}^H v_{jt} \quad (5.37)$$

$$T_t = \sum_{i=1}^I e_i \tilde{x}_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J e_j \tilde{x}_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \quad (t = 1, 2, \dots, H) \quad (5.38)$$

$$R = \sum_{t=1}^H \left(\sum_{i=1}^I \tilde{r}_{it} \sum_{k=t}^H u_{ik} + \sum_{j=1}^J \tilde{r}_{jt} \sum_{k=1}^t v_{jk} \right) - \sum_{j=1}^J (F_{MKj} + F_{Pj}) \sum_{k=1}^t v_{jk} \quad (5.39)$$

決定変数 : u_{it}, v_{jt}

$(i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H)$

パラメータ : $\alpha_{it}, \alpha_{jt}, \gamma_{it}, \gamma_{jt}, \beta_{it}, \beta_{jt}, c_{pi}, c_{pj}, e_i, e_j,$

$F_{MKj}, F_{Pj}, P_{ref,i}, P_{ref,j}, q_{0it}, q_{0jt} (i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, H),$

$T_{ideal,t} (t = 1, 2, \dots, H), C_{u,MK}, R_{ideal}, Q_{ideal}, L$

この問題の解法として、いくつかのアルゴリズムが提案されており、それらいずれの方法を用いても解くことができる。本論文ではより効率的かつ問題を忠実に解くことを考え、Musa-Saxena の提案した解法アルゴリズムを改善した方法を構築して解くものとする。解法アルゴリズムの詳細については、第 6 章において詳述する。

5.4 数値計算例

構築した計画モデルの有効性を示すため、数値計算例を与える。

計画期間として 6 ($H = 6$) 期間を設定する。また現在、生産・販売している既存製品として 3 ($I = 3$) 種類、計画期間中に導入を検討している新製品が 3 ($J = 3$) 種類あるとする。

マーケティング部門に関する各種パラメータを表 5.1 に、特に価格と販売促進活動のマーケティング方策が各期予測販売量に与える影響を図 5.1 に示す。

生産部門に関する各種パラメータを、表 5.2 に示す。

以上の各部門に関連する基本データとともに、各目標値を次のように設定する。

目標 1 (略号 P T): $T_{t,ideal} = 1,200$ [時間/期] ($t = 1, 2, \dots, H$)

目標 2 (略号 MK): $C_{u,MK} = 12,000,000$ [円]

目標 3 (略号 R): $R_{ideal} = 12,000,000$ [円]

目標 4 (略号 Q): $Q_{ideal} = 10,000$ [個]

目標 5 (略号 L): $L = 2$

表 5.1: マーケティング部門に関する数値データ

項目	単位	t	i			j		
			1	2	3	1	2	3
$P_{it} (P_{jt})$	円/個	1~6	5,000	8,000	10,000	6,000	7,000	9,000
$P_{ref,i} (P_{ref,j})$	円/個	1~6	5,000	8,000	10,000	6,000	7,000	9,000
$\alpha_{it} (\alpha_{jt})$	—	1~6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$\beta_{it} (\beta_{jt})$	個/円	1~6	0.65	0.61	0.52	0.56	0.50	0.50
$q_{0it} (q_{0jt})$	個	1~6	100	100	20	20	10	10
F_{MKj}	円	1~6	—	—	—	125,000	100,000	150,000

(注) —は数値が設定されないことを示す

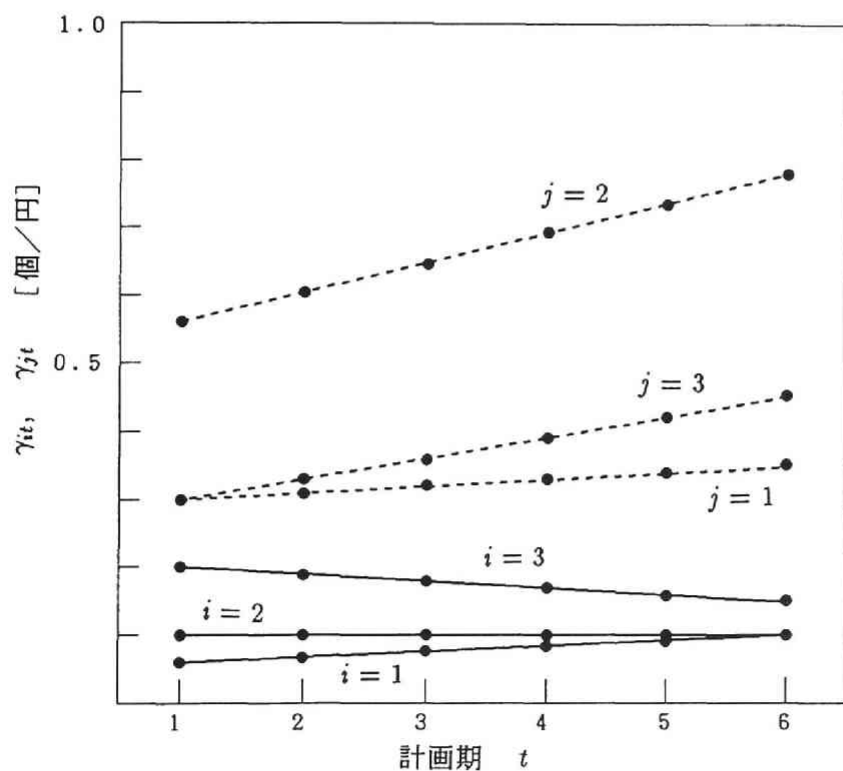


図 5.1: 販売促進活動が予測販売量に及ぼす効果の時系列

表 5.2: 生産部門に関する数値データ

項目	単位	i			j		
		1	2	3	1	2	3
$c_{pi} (c_{pj})$	円/個	3,000	4,000	6,000	4,000	4,000	6,000
$e_i (e_j)$	個	0.40	0.80	1.84	0.50	0.80	1.70
F_{Pj}	円	—	—	—	125,000	100,000	150,000

(注) —は数値が設定されないことを示す

提起した解法では、まず上述した数値データを基に、各期各製品の利潤を最大にする販売促進活動予算: \hat{m}_{it} , \hat{m}_{jt} , 並びにそれによって得られるであろう販売量: \hat{q}_{it} , \hat{q}_{jt} , 利潤: \hat{r}_{it} , \hat{r}_{jt} を算出することになる。その結果を図 5.2, 図 5.3, 図 5.4に示す。

これら算出値および設定した目標値を用いて、0-1型目標計画法として定式化した多目標動的製品選択計画問題を、第6章で示す解法アルゴリズムを用いて解けば、まず設定した優先順位の場合（以降、結果1と記す）の最適製品選択計画は図 5.5のようになる。

得られた結果1における製品選択計画の下での各期の生産計画（生産時間）、マーケティング計画（販売促進活動予算）、利潤は図 5.6, 図 5.7, 図 5.8となる。

図 5.5より、既存の製品については、第2製品は3期末に、第3製品は5期末に生産・販売を停止し、新製品については、第2製品を3期から、第3製品を1期から生産・販売を開始する計画となった。第一優先順位にある導入製品数に関する目標、第2優先順位にある利潤目標は達成されたが、第3位の生産時間および第4位の販売促進活動予算に関する目標は達成されていない。新製品の導入について、図 5.2, 5.3, 5.4より考察すれば、第2製品を導入すれば最も利潤が高くなるが、それとともに生産時間の多くを占有され、またその利潤を得る販売量確保のための販売促進活動に費用がかかることから、導入は見合わせていることがわかる。既存の第2製品と新製品の第3製品が入れ替わるかのように、製品の撤退・導入が行われているが、第3位の生産時間に関わる目標をなるべく達成するべく、生産時間の均衡を維持する製品が解法ア

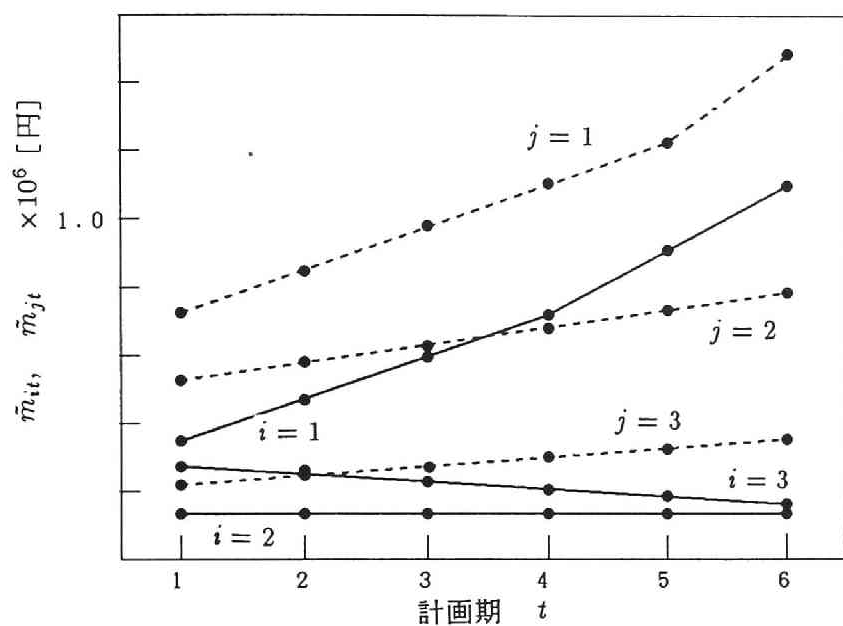


図 5.2: 各期利潤を最大にする販売促進活動予算

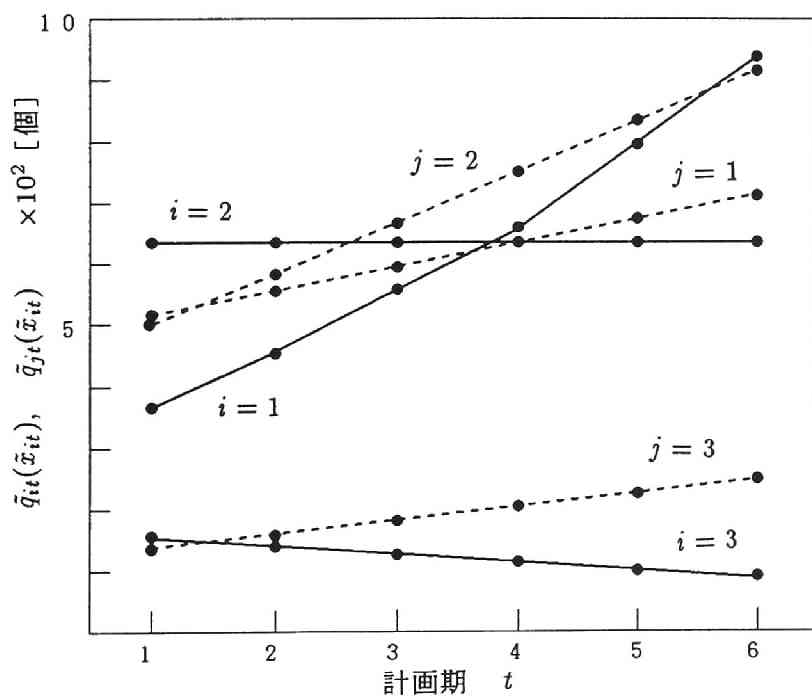


図 5.3: 各期利潤を最大にする販売量

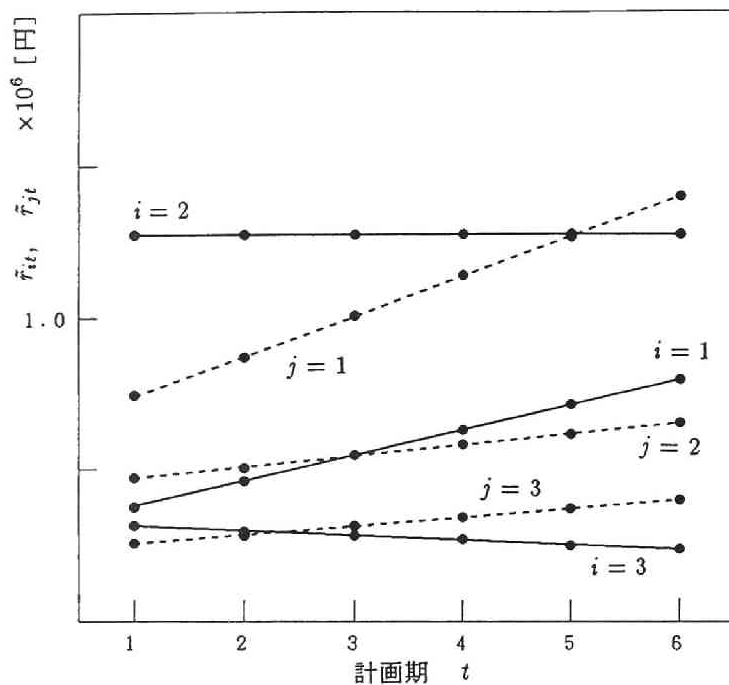


図 5.4: 各期各製品の利潤の最大値

目標優先順位 : L ≫ R ≫ PT ≫ MK ≫ Q

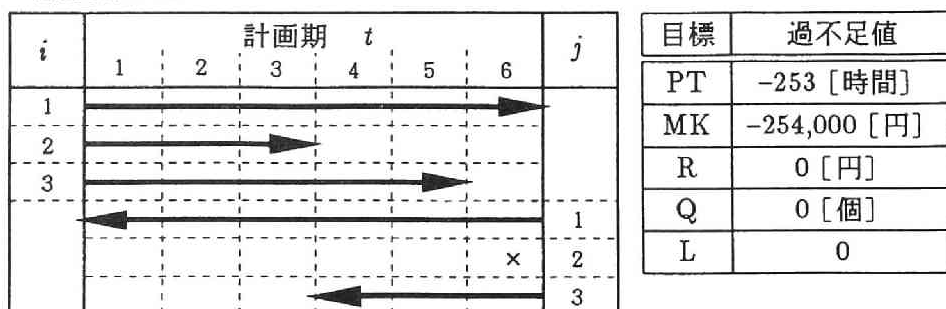


図 5.5: 設定した目標間優先順位の下での計画（結果 1）

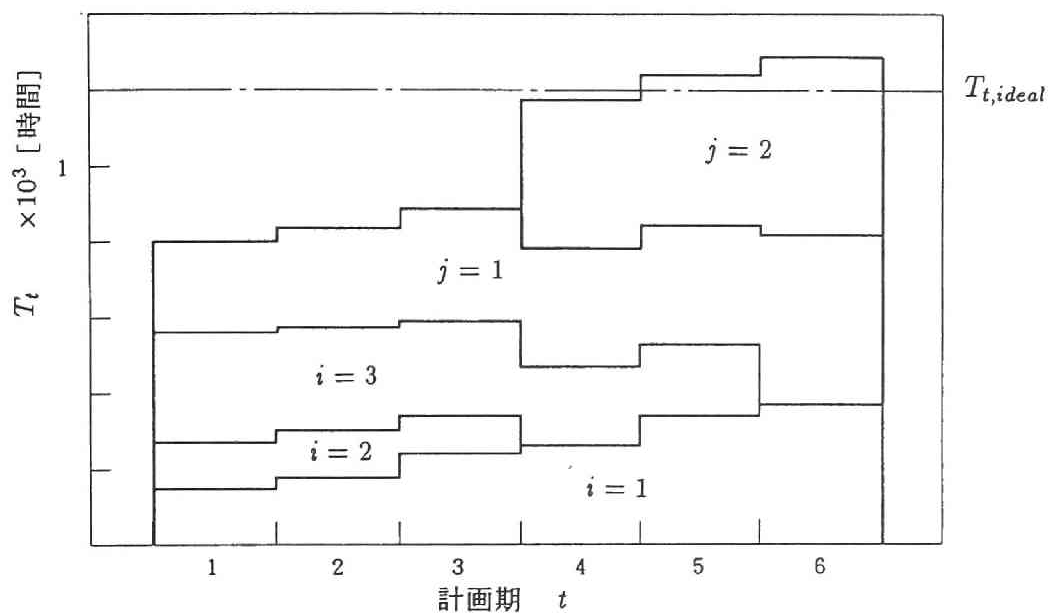


図 5.6: 結果 1 における各期各製品の生産時間

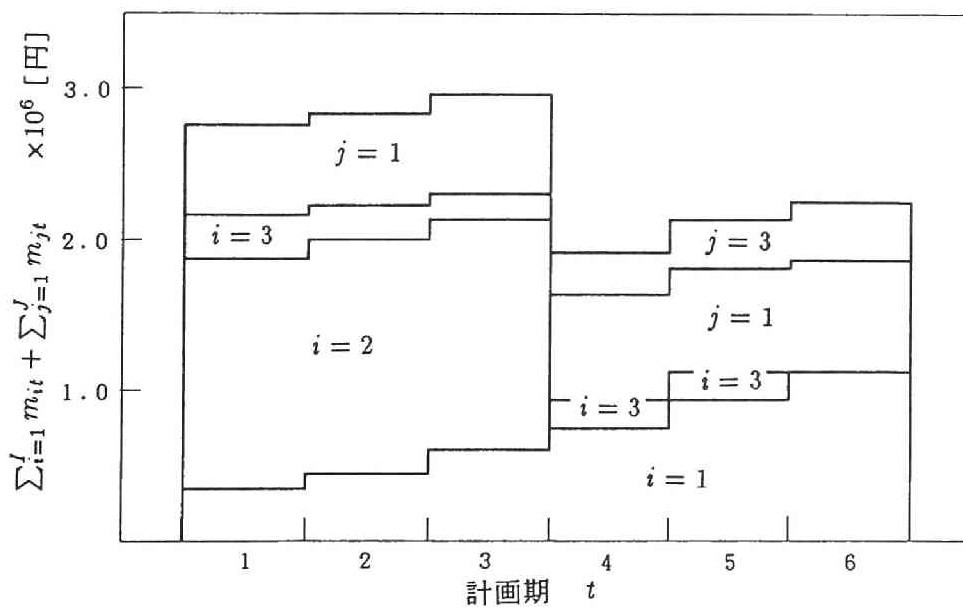


図 5.7: 結果 1 における各期各製品の販売促進活動予算

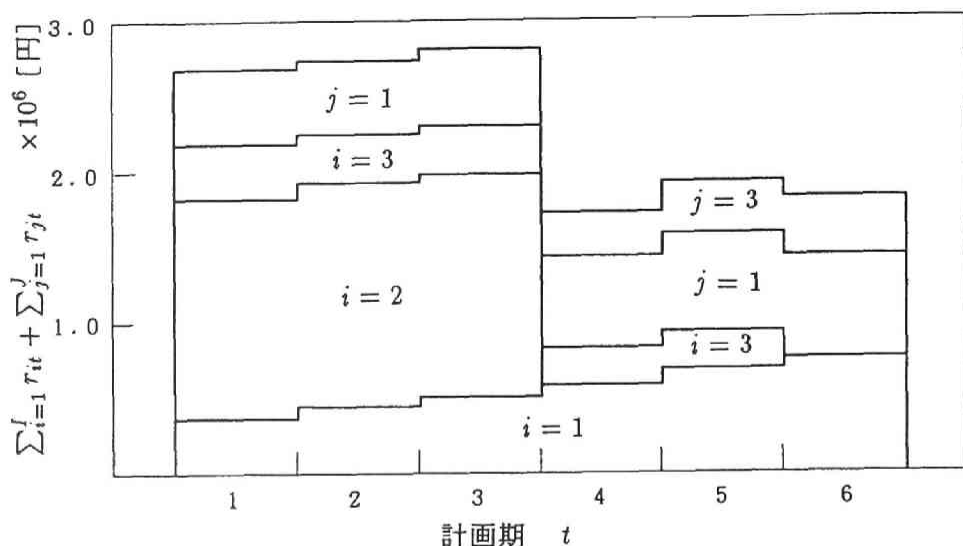


図 5.8: 結果 1 における各期各製品の利潤

ルゴリズム上で選択され、このような結果になったと考えられる。

経営方略によって目標間の優先順位は異なる。この場合に対応する計画例を、結果 2 については図 5.9 に、結果 3 については図 5.10 に示す。結果 2 および 3 の目標間の優先順位は以下のように設定した。

結果 2 : $L \gg CM \gg R \gg PT \gg Q$

結果 3 : $L \gg PT \gg CM \gg R \gg Q$

図 5.9, 図 5.10 に示す通り、目標間の優先順位によって導入する製品、既存製品の撤退時期、新製品の導入時期が明確に異なってくるのがわかる。このことは、市場環境の変動が激しい場合、社内資源の有効活用を計った上、目標利潤の確保、市場における自社製品のポジションの維持を達成するような導入、撤退時期も含めた最適製品選択は重要な計画であり、その計画の支援のために提起した計画モデルは有用であることがわかる。

以上のように、本章で提起した計画モデルを用いれば動学的な製品選択計画が得られる。しかし得られた計画は、各製品を各期において生産・販売したとき利潤が最大となるような販売促進活動予算、生産・販売量を予め算出して、その値を基に最適製品選択計画を行うという概略的な計画を得る計画モデルである。より厳密な計画を得

目標優先順位 : $L \gg MK \gg R \gg PT \gg Q$

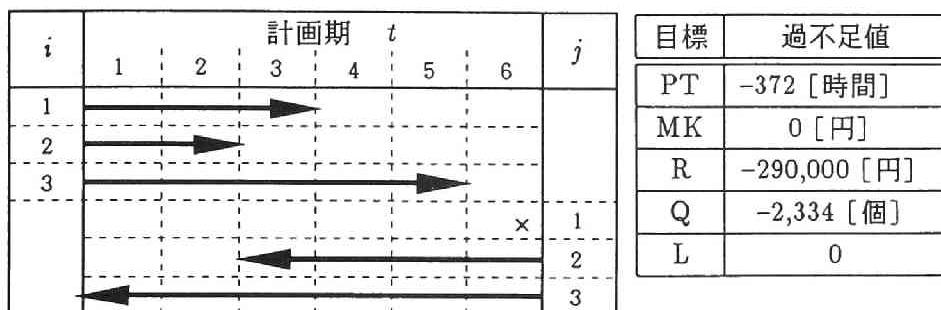


図 5.9: 結果 2 の最適製品選択計画

目標優先順位 : $L \gg PT \gg MK \gg R \gg Q$

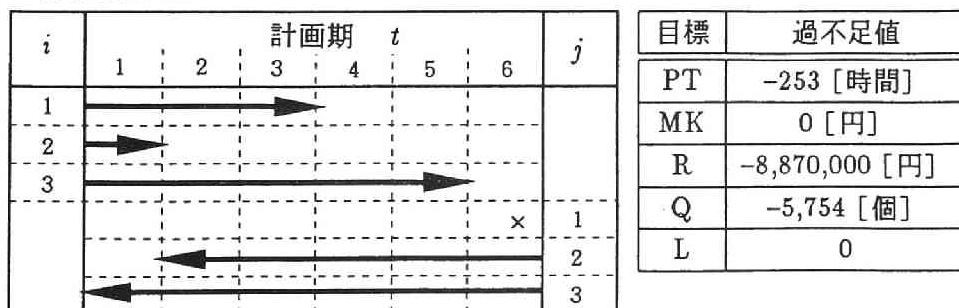


図 5.10: 結果 3 の最適製品選択計画

るには、得られた製品選択計画の下に、第3章に提起した計画モデルまたは非線形目標計画法を用いて生産・販売量および販売促進活動予算の最適解を導出するとともに、得られた製品選択計画の近傍の代替案に関しても同様の手続きを施す方法が考えられるが、これについては別途なされるべきこととして本論文では言及しない。

5.5 結 言

技術革新の進展や顧客ニーズの多様化に起因する製品の多様化、製品ライフ・サイクルの短命化が重要な経営環境になりつつあるとの観点の下に、生産部門の観点だけでなく、マーケティング部門の観点も同時に考慮して統合的に製品選択計画を策定する計画モデルを構築し、次の考察を行った。

(1) 計画モデルは、経営の方略性および多目標に対応するため、製品選択に関わる総合的目標である利潤目標、販売量目標、新製品の導入目標とともに各部門に関わる生産時間やマーケティング活動の目標の5つの目標に同時に対処するだけでなく、製品の導入時期、撤退時期を意思決定できる動学的製品選択計画モデルとした。

(2) 計画モデルを非線形混合整数目標計画問題として定式化するとともに、生産とマーケティングの統合的な観点による製品選択計画は、概略的計画でも十分にその役割を演ずることができるとの判断の下に、各製品を各期において生産・販売するとき最大の利潤が得られる生産・販売量と販売促進活動予算を用いて、0-1型目標計画法によって動学的な製品選択計画を得る解法を提案した。

(3) 提起した計画モデルおよび解法の有効性および計画の策定手順を示すため、数値計算例を提示した。示した数値計算例より、経営の方略性および市場環境に対応するために目標間の優先順位を変えた場合、導入すべき製品の種類や導入および撤退時期が異なってくることを確認し、動学的製品選択計画の必要性を示した。

第6章 計画問題の解法としての0-1型目標計画法

6.1 緒言

前章において、多目標動学的製品選択計画の元問題は、非線形混合整数目標計画法として定式化した。しかし、統合的観点にたつ本研究の製品選択計画は、概略的計画でも十分にその役割を演ずることができるとの判断の下に、各製品を各期において生産・販売するとき最大の利潤が得られる生産・販売量と販売促進活動予算を用いれば、0-1型目標計画法によって動学的な製品選択計画を得る問題を定式化できることを示した。この元問題の簡略化によって、計画問題の決定変数は各期で各製品を生産・販売するか否かを示す0-1変数に限られることになる。しかし、5.4節の数値計算例に示したような6製品、6期間のような簡単な場合でも、決定変数を36個持つことになり、最適解を効率的に得るには合理的・効率的な解法アルゴリズムを用いる必要がある。

線形目標計画法は1.6.3節において述べたように、その解法は十分に検討されている。しかし、整数目標計画法や非線形目標計画法は、Ignizio[60]が解法の一案を提示している以外、ほとんど進展が見られない。0-1型目標計画法についても十分に検討されているとは言い難く、その適用分野の広範性や、整数目標計画法が0-1型目標計画法に変換できることなどを考えれば、今後の進展が望まれる解法である。この解法を最初に提案したのはIgnizio[60], Lee[86]であり、Balasの加法的手法[6]を基にした方法である。前述したように前章で示した簡単な数値例でも、変数が多く、そのような問題に対して有効な解法とは言い難い。一方、Musa-Saxena[101]は看護婦の作業計画問題を0-1型目標計画法に定式化し、Garrod-Mooresの方法[44]を拡張した解法アルゴリズムを提案した。計算効率は有効であるが、優先順位に重み付けで対処しているなど、前章で定式化した多目標動学的製品選択計画のように、明確な優先順位の下にその計画を策定しなくてはならないような場合、種々の問題点がある。

本章では、まず0-1型目標計画法の既存の解法について、その問題点を整理する。次に、Musa-Saxenaの考え方を拡張し、0-1型目標計画法を有効に解くための解法

アルゴリズムを提案する．最後に，数値計算例を示す．

なお，本章では，解法アルゴリズムの汎用性および数学的な一般性を保つために，5章までとは独立した記号体系とする．

6.2 既存の解法の対象とする問題と解法の問題点

6.2.1 0－1型目標計画法の一般的定式化

0－1型目標計画法は，一般的に変数として0または1だけをとることを条件に，設定した複数の目標値からの差異を優先順位と重み付けに従って辞書式に最小化する問題であり，次のように定式化できる．

〔問題P〕

達成関数：

$$A = [a_1, \dots, a_k, \dots, a_K] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (6.1)$$

制約条件：

$$\sum_{j=1}^n c_{ij}x_j + \eta_i - \rho_i = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6.2)$$

$$x_j = 1 \text{ or } 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6.3)$$

$$\eta_i, \rho_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6.4)$$

決定変数： $x_j (j = 1, 2, \dots, n); \eta_i, \rho_i (i = 1, 2, \dots, m)$

パラメータ： $c_{ij}, b_i (j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m)$

ただし， a_k は優先順位 k （小さいほど順位が高い）で最小化する差異変数の関数で，次式で示される．

$$a_k = g_k(\boldsymbol{\eta}, \boldsymbol{\rho}) = \sum_{i=1}^m (u_{ik}\eta_i + w_{ik}\rho_i) \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (6.5)$$

b_i, c_{ij} ：目標 i に関する目標値および x_j の係数

η_i, ρ_i : 目標値 b_i からの負および正の差異変数

u_{ik}, w_{ik} : 優先順位 k で最小化すべき差異変数の重み係数で非負

与えられた問題が、物理的制約条件のような目標と無関係な絶対的制約条件を考えなくてはならない場合、右辺を定数とし、それを目標値とみなして、その値からの差異を第一位に優先して最小化する問題に変換すれば、上述の問題に帰着できる。

6.2.2 Ignizio と Lee の解法アルゴリズム

(1) Ignizio の方法

Ignizio は、制約条件、式 (6.2) から (6.4) の下で達成関数：式 (6.1) の a_k が次式である問題に対し、解法を提案している。

$$a_k = g_k(\eta) = \sum_{i \in I^k} \eta_i \quad (6.6)$$

I^k : 優先順位 k で最小化すべき差異変数 η_i の添字集合

一般的問題にこの解法を適用しようとするとき、達成関数が式 (6.6) の形になるように、問題を設定しなおす必要がある。目標値 b_i からの正および負の差異変数を共に最小化したいとき、右辺 b_i と係数 c_{ij} の符号の異なる制約条件を新たに追加する。物理的制約条件等でそのような場合が多々あり、それに関する式の数はいくつになることから、問題が大きくなる。解法は Balas の加法的手法を基にしているが、部分解を構成すべき変数を選択するとき発生するタイ (tie) 状態から脱出する方法として、変数番号の小さいものを選択するというような便宜的な方法だけを用いたり、深さ優先探索に基づく組織的探索法を用いて次に探索すべき部分解の構成を行っているため、改善された解への到達時間が長くなる可能性があることなどが原因で効率が悪くなる場合がある。

(2) Lee の方法

次の条件を満足する問題に対し解法を提案している。

$$c_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (6.7)$$

$$b_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6.8)$$

解法は Ignizio の方法と同様に Balas の方法を基にしており、上述の条件がある分だけ解法が簡単となる。しかし、一般的問題にこの解法を適用しようとするとき、次のことに注意しなければならない。

ある変数 x_h のすべての係数が負ならば、係数を正とするように変数 x_{h1} を導入し、次のように変数変換しなくてはならない。

$$x_h = 1 - x_{h1} \quad (6.9)$$

また、ある変数 x_h のいくつかの係数が負ならば、負の係数に対処する変数 x_{h2} を新たに追加し、負の係数を持つ項の変数変換を次式で行うとともに、 x_h と x_{h2} の整合性をとるために同式を制約条件に追加しなくてはならない。

$$x_h = 1 - x_{h2} \quad (6.10)$$

従って、すべての係数が負でない限り、負の係数を一つでも持てばその変数の分だけ変数の数が増加する。また変数変換を考慮する式 (6.10) を制約条件に追加する必要があるため、問題が大きくなり計算時間が増大する。

6.2.3 Garrod-Moores と Musa-Saxena の解法アルゴリズム

Balas の加法的手法を利用した Garrod-Moores の方法を拡張し、次のような問題に対して適用できる解法を提案している。

目標関数：

$$A = \sum_{i=1}^m v_i d_i \quad \longrightarrow \quad \text{最小化} \quad (6.11)$$

ただし、

$$d_i = \eta_i + \rho_i \quad \text{or} \quad \eta_i \quad \text{or} \quad \rho_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6.12)$$

v_i は目標 i に関する非負の重み係数で文献では優先順位に応じて設定するものとしている。このため、優先順位は解法においては陽には考慮されない。

Garrode-Moores は d_i が必ず $\eta_i + \rho_i$ である問題に対して解法を提案し, Musa-Saxena は d_i に η_i または ρ_i のどちらか一方だけを持つ問題にも適用できるようアルゴリズムを改良した. 両者の解法は概略として次のような手順によっている.

まず, $v_i d_i$ をすべての i について調べ, 最も大きな値を持つ制約条件 i を i^* として選択する. 次に, i^* にかかわるすべての変数の内, その値を 1 とすることによって, d_{i^*} を最も削減できる係数をもつ変数 x_j を x_{j^*} として選択する. そして, すべての i に関する x_{j^*} の係数 c_{ij^*} を基に, 次の Z の値を計算する.

$$Z = (A \text{ を改悪する量}) - (A \text{ を最大限改善する量}) \quad (6.13)$$

上式において, x_{j^*} を 1 とすることによって d_i を必ず改悪するのなら, c_{ij^*} を (A を改悪する量) として, それ以外なら c_{ij^*} を (A を最大限改善する量) として, Z は計算される. その Z が 0 または正ならば, x_{j^*} を選択することは解を改善する可能性がないので, x_{j^*} は選択の対象から除外し, x_{j^*} の選択の段階に戻る. Z が負ならば, 改善の可能性があると判断し, x_{j^*} を選択する. 最後に, すべての i について $b_i = b_i - c_{ij^*}$, $c_{ij} = -c_{ij^*}$ と係数変換して, 1 回のイテレーションを終了し, 新たな i^* の選択の段階に戻る. すべての目標が達成されるか, または, 今まで探索した部分解以外の部分解を構成する要素になるとともに, まだ達成されない目標の未達成値を削減することのできる x_{j^*} を発見できないのなら, 現在得られている最良解を最適解とし, アルゴリズムを終了する.

この解法の中で, 上述した係数変換によって, 目標値と現在の部分解の達成値との差異を常に制約条件の右辺に表すとともに, イテレーションが更新されるごとに, 右辺に現れている差異を削減する変数をすべての変数から一つ選択する問題とすることができる. もし, 前のイテレーションの部分解で 1 と設定されている変数が, x_{j^*} として選択されたなら, 0 に設定し直されることになる.

この解法は次の点から有効である.

(i) 部分解を構成する変数の選択のさいに発生するタイ状態からの脱出を, タイとなった変数すべてについて Z を計算し, その値が最小となる変数を選択することによって有効に行っている.

(ii) イテレーションごとに、まだ達成されていない目標を改善するよう変数選択を行うことによって、現在の部分解からの次の部分解を構成することで無意味な部分解の探索を避けている。

この解法は、上述したように優先順位は重み係数で表現されるとしている。差異変数の有界性を考慮すれば優先順位を重み係数で表現することも可能であるが、そのためにはすべての差異変数の上下界を算出する手続きがアルゴリズムを適用する前に必要となる。また式 (6.11) が示すように、差異変数値の総和を最小化するので、上位の優先順位にある目標だけが達成された状態での解を得たい場合、別の問題を新たに構成して解き直す必要がある。以上、優先順位を重み係数で表現することは種々の問題がある。

6.3 0-1型目標計画法の解法アルゴリズムの構築

本章では、Musa-Saxena の解法の考え方を一般的問題 [問題 P] を有効に解けるよう拡張した解法アルゴリズムを提案する。Musa-Saxena の解法は、前章で述べたように、計算効率の点からは有効であるが、優先順位を明確に扱えない。また、一般的問題を解くには、ある制約条件の正および負の差異変数を、異なった優先順位で最小化したい場合もあれば、また同じ優先順位にありながらも異なる重みで最小化したい場合もある。以上の点を考慮して解法アルゴリズムを構築した。

アルゴリズムの基本的な流れは、前章で述べた Musa-Saxena の手順に従っているが、部分解の構成手続きを高位の優先順位にある達成関数から順次最小化するように行う。その過程において、対象としている優先順位の達成関数値が 0 となるか、それ以上改善できないとき、低位の達成関数の最小化に移る。そのとき、その順位の達成関数値は改善できても、高位にある達成関数値を改悪する場合がある。その場合、改悪された最高位の優先順位の達成関数の最小化に戻る。以上のようにして、すべての優先順位の達成関数値が 0 となるか、高位の優先順位の達成関数値を改悪することなく、最低位の達成関数値を改善できる部分解をもはや新たに構成できないならば、アルゴリズムを終了する。

以上のような優先順位に対応するための拡張の他に、同じ制約条件にある正および

負の差異変数を異なった重みや異なった優先順位で別々に最小化できるように拡張した。そのための主な改良点は Z_j の計算にかかわる手続きと、正負両方の差異を同じ優先順位で最小化するさいに考えなくてはならない特殊な計算手続きがあり、後述のアルゴリズムの Step 6-2 と Step 9 に対応する。以下にアルゴリズムの詳細を示す。

アルゴリズムの中で η_i , ρ_i , d_{ik} は次式に従って算出する。

$$\left. \begin{array}{l} b_i \geq 0 \text{ のとき, } \eta_i = b_i, \rho_i = 0 \\ b_i < 0 \text{ のとき, } \eta_i = 0, \rho_i = |b_i| \end{array} \right\} \quad (6.14)$$

$$d_{ik} = u_{ik}\eta_i + w_{ik}\rho_i \quad (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, K) \quad (6.15)$$

達成関数 a_k に η_i , ρ_i が現れないとき、式 (6.5), (6.15) の u_{ij} , w_{ik} は 0 とする。 I_{Nk} , I_{Pk} は優先順位 k の達成関数 a_k に現れる η_i , ρ_i の添字集合とすると、式 (6.5) は次式で書き換えることができる。

$$a_k = \sum_{i \in I_{Nk}} u_{ik}\eta_i + \sum_{i \in I_{Pk}} w_{ik}\rho_i \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (6.16)$$

さらに、次のように集合、変数を定義する。

X^* , X_t : 最適解およびイテレーション t の部分解で、 $x_j = 1$ となる決定変数の添字集合

X_0 : 初期解で $x_j = 1$ とする決定変数の添字集合で、通常、空集合（すべての j に関して $x_j = 0$ ）に設定する

P : $t-1$ 回目のイテレーションまでの部分解の集合

r : イテレーションの最初 0 と設定し、 A を改善する可能性のある変数が選択されるとその添字番号に設定しなおされる。イテレーションを通じて 0 ならば改善の可能性はなく、計算を終了する。

[Step 1] b_i , 式 (6.16) より、 a_k ($k = 1, 2, \dots, K$) を計算し、 $A^* = (a_1, a_2, \dots, a_K)$ とする。また、 $b_i^* = b_i$ ($i = 1, 2, \dots, M$)、 $X^* = X_0$ とし、 X_0 を P に加える。 $t = 1$ とし、Step 2 へいく。

[Step 2] $I_k = I_{Nk} \cup I_{Pk}$ ($k = 1, 2, \dots, K$) とし, I_k に属するすべての制約条件 i で $c_{ij} = 0$ でない変数の添字集合を $J_k = (k = 1, 2, \dots, K)$ とする. そして $r = 0$, $k = 1$ として Step 3 へいく.

[Step 3] [3-1] $I_k \neq \phi$ ならば Step 4 へ, そうでないなら [3-2] へ行く.

[3-2] $k = K$ ならば Step 13 へ, そうでないなら $k = k + 1$ として [3-1] に行く.

[Step 4] [4-1] $d_{ik} (\forall i \in I_k)$ を式 (6.15) で計算し, I_k から次式を満たす i^* を選択する. タイならば最小の i を選択する.

$$d_{i^*k} = \max_{i \in I_k} (d_{ik}) \quad (6.17)$$

$d_{i^*k} = 0$ ならば [4-2] へ, そうでないなら Step 5 へ行く.

[4-2] $k = K$ ならば Step 13 へ, そうでないなら $I_k = \phi$, $k = k + 1$ として Step 3 へ戻る.

[Step 5] [5-1] J_k の要素であり, i^* において $c_{i^*j} = 0$ ではない j を J_{ki^*} とし, [5-2] へ, j がないなら Step 12 へ行く.

[5-2] J_{ki^*} から次のことを満たす j を除き, \tilde{J}_{ki^*} として Step 6 へ, $\tilde{J}_{ki^*} = \phi$ ならば Step 12 へ行く.

$$\left. \begin{array}{l} i^* \in I_{Nk} \text{ and } i^* \in I_{Pk} \text{ のとき, } c_{i^*j} b_{i^*} < 0 \\ i^* \in I_{Nk} \text{ and } i^* \notin I_{Pk} \text{ のとき, } c_{i^*j} < 0 \\ i^* \notin I_{Nk} \text{ and } i^* \in I_{Pk} \text{ のとき, } c_{i^*j} > 0 \end{array} \right\} \quad (6.18)$$

[Step 6] [6-1] \tilde{J}_{ki^*} から次式を満たす j^* を選択し, [6-2] へ行く.

$$i^* \in I_{Nk} \text{ and } i^* \in I_{Pk} \text{ のとき, } e_{j^*} = \min_{j \in \tilde{J}_{ki^*}} \quad (6.19)$$

$$i^* \in I_{Nk} \text{ and } i^* \notin I_{Pk} \text{ のとき, } e_{j^*} = \min_{j \in \tilde{J}_{ki^*}} (b_{i^*} - c_{i^*j}) \quad (6.20)$$

$$i^* \notin I_{Nk} \text{ and } i^* \in I_{Pk} \text{ のとき, } e_{j^*} = \max_{j \in \tilde{J}_{ki^*}} (b_{i^*} - c_{i^*j}) \quad (6.21)$$

ただし, e_j は,

$$\left. \begin{array}{l} b_{i^*} - c_{i^*j} \geq 0 \text{ のとき, } e_j = u_{i^*k}(b_{i^*} - c_{i^*j}) \\ b_{i^*} - c_{i^*j} < 0 \text{ のとき, } e_j = w_{i^*k}(c_{i^*j} - b_{i^*}) \end{array} \right\} \quad (6.22)$$

[6-2] タイならば, タイとなっている j の集合を \tilde{J}'_{ki^*} とし, 次式を満たす j^* を選択し, [6-3] へ, タイでないなら [6-4] へ行く.

$$Z_{j^*} = \min_{j \in \tilde{J}'_{ki^*}} (Z_j = \sum_{i \in I_{Nk} \cup I_{Pk}} z_{ij}) \quad (6.23)$$

ただし, $z_{ij} (\forall i \in I_{Nk} \cup I_{Pk}, \forall j \in \tilde{J}'_{ki^*})$ は次のように計算する.

$i \in I_{Nk}$ and $i \in I_{Pk}$ に対し,

$$\left. \begin{array}{l} b_i = 0, c_{ij} \geq 0 \text{ のとき, } z_{ij} = w_{ik}c_{ij} \\ b_i = 0, c_{ij} < 0 \text{ のとき, } z_{ij} = -u_{ik}c_{ij} \\ b_i > 0 \text{ のとき, } z_{ij} = -u_{ik}c_{ij} \\ b_i < 0 \text{ のとき, } z_{ij} = w_{ik}c_{ij} \end{array} \right\} \quad (6.24)$$

$i \in I_{Nk}$ and $i \notin I_{Pk}$ に対し,

$$\left. \begin{array}{l} b_i \leq 0 \text{ のとき, } z_{ij} = 0 \\ b_i > 0 \text{ のとき, } z_{ij} = -u_{ik}c_{ij} \end{array} \right\} \quad (6.25)$$

$i \notin I_{Nk}$ and $i \in I_{Pk}$ に対し,

$$\left. \begin{array}{l} b_i \geq 0 \text{ のとき, } z_{ij} = 0 \\ b_i < 0 \text{ のとき, } z_{ij} = w_{ik}c_{ij} \end{array} \right\} \quad (6.26)$$

[6-3] タイならば, 最小の j を j^* とし, Step 7 へ行く.

[6-4] [6-2] の Z_j の計算手続きに従って Z_{j^*} を計算し, Step 7 へ行く.

[Step 7] 次の条件を満たすなら Step 8 へ, そうでないなら Step 11 へ行く.

$$Z_{j^*} < 0 \quad (6.27)$$

[Step 8] $j^* \notin X_{t-1}$ ならば $p_t = X_{t-1} + \{j^*\}$ (注1), $j^* \in X_{t-1}$ ならば $p_t = X_{t-1} - \{j^*\}$ とし, p_t が P にあるなら Step 11 へ行く.

[Step 9](注 2) [9-1] $i^* \in I_{Nk}$ $i^* \in I_{Pk}$ なら [9-2] へ, そうでないなら Step 10 へ行く.

[9-2] 次の条件を満たすなら Step 10 へ, そうでないなら [9-3] へ行く.

$$\left. \begin{array}{l} b_{i^*}(b_{i^*} - c_{i^*j^*}) \text{ ならば } |b_{i^*} - c_{i^*j^*}| \leq |b_{i^*}| \\ b_{i^*} < 0, b_{i^*} - c_{i^*j^*} > 0 \text{ ならば } u_{i^*k}(b_{i^*} - c_{i^*j^*}) \leq w_{i^*k}|b_{i^*}| \\ b_{i^*} > 0, b_{i^*} - c_{i^*j^*} > 0 \text{ ならば } w_{i^*k}|b_{i^*} - c_{i^*j^*}| \leq u_{i^*k}b_{i^*} \end{array} \right\} \quad (6.28)$$

[9-3] $b_{i^*}c_{i^*j} < 0$ となる $j \in J_{ki^*}$ を $J_{i^*}^S$ とし, 次のことを満足するなら Step 10 へ, そうでないなら Step 11 へ行く.

$$-\sum_{j \in J_{i^*}^S} |c_{i^*j}| < |b_{i^*}^*| - |b_{i^*} - v_{i^*j^*}| \quad (6.29)$$

かつ $\exists j \in J_{i^*}^S$ が次式を満足する.

$$|c_{i^*j}| \leq |b_{i^*}^*| + |b_{i^*} - c_{i^*j^*}| \quad (6.30)$$

[Step 10] [10-1] $j^* \notin X_{t-1}$ のとき $X_t = X_{t-1} + \{j^*\}$, $j^* \in X_{t-1}$ のとき $X_t = X_{t-1} - \{j^*\}$ とし, X_t を集合 P に加えて, [10-2] へ行く.

[10-2] $b_i = b_i - c_{ij}$, $c_{ij^*} = -c_{ij^*}$ ($i = 1, 2, \dots, m$), $r = j^*$ として, d_{ik} ($i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, K$), a_k ($k = 1, 2, \dots, K$)を算出し, A が A^* より良いのなら [10-3] へ (注 3), そうでないなら [10-4] へ行く.

[10-3] $A^* = A$, $b_{i^*} = b_i$ ($i = 1, 2, \dots, m$), $X^* = X_t$ として, [10-4] へ行く.

[10-4] $t = t + 1$ として Step 2 へ戻る.

[Step 11] \tilde{J}_{ki^*} から j^* を除き, $\tilde{J}_{ki^*} = \phi$ なら Step 12 へ, そうでないなら Step 6 へ戻る.

[Step 12] I_k から i^* を除き, Step 3 へ戻る.

[Step 13] $r \neq 0$ ならば Step 2 へ戻り, そうでないなら最適解を X^* , 最適達成関数値を A^* として計算を終了する.

(注 1) $p_t = X_{t-1} + \{j^*\}$ は, 指標 j^* と X_{t-1} の要素を合わせ, 新たな集合 p_t とすることを意味する.

(注2) $i^* \in I_{Nk}$ and $i^* \in I_{Pk}$ のとき, 仮に $u_{i^*k} = w_{i^*k}$ とすると, Step 6で b_{i^*} と $(b_{i^*} - c_{i^*j^*})$ の符号が異なれば, 一見改悪するかのような条件である $|b_{i^*}| < |b_{i^*} - c_{i^*j^*}|$ でも j^* を選択の候補とする. それは \tilde{J}_{ki^*} に属さない j でも b_{i^*} の削減に関与してくるためである. したがってこの場合, 後のイテレーションで $|b_{i^*} - c_{i^*j^*}|$ を $|b_{i^*}|$ 以下にできる可能性があるかどうかを Step 9では確認している. 可能性があるのなら j^* をそのまま選択し, 新たな部分解が構成される.

(注3) A が A^* より良いとは, $K \geq k \geq l$ となるすべての k で, $a_k \geq a_k^*$ となる l が存在することを言う.

6.4 数値計算例

提案した解法アルゴリズムの解法手順を示すため, 簡単な数値計算例を与える.

目標関数:

$$A = [a_1, a_2] \longrightarrow \text{辞書式最小化} \quad (6.31)$$

ただし,

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \eta_1 + \eta_2 \\ a_2 &= (\eta_3 + 2\rho_3) + \rho_2 \end{aligned} \right\} \quad (6.32)$$

制約条件:

$$\left. \begin{aligned} 3x_1 - x_2 + 3x_3 - 5x_4 + 2x_5 + \eta_1 - \rho_1 &= 5 \\ 6x_1 &+ 2x_4 - 2x_5 + \eta_2 - \rho_2 &= 4 \\ -3x_1 + 2x_2 + 2x_3 &+ 5x_5 + \eta_3 - \rho_3 &= 3 \end{aligned} \right\} \quad (6.33)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 = 0 \text{ or} \quad (6.34)$$

$$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \rho_1, \rho_2, \rho_3 \geq 0 \quad (6.35)$$

決定変数: x_1, x_2, x_3, x_4, x_5

アルゴリズムにおいて X_0, X^* は添字集合であるが, 説明をわかりやすくするため, 以下の記述においては変数値で示す.

$$x_0 = (0, 0, 0, 0, 0)$$

$$A^* = [5 + 4, (3 + 0) + 0] = [9, 3], x^* = x_0$$

イテレーション 1

$$k = 1 \text{ で } I_1 = \{1, 2\}, i^* = 1, \text{ なぜなら } d_{11} = 5 > d_{21} = 4$$

$$\tilde{J}_{11} = \{1, 3, 5\}, \tilde{J}'_{11} = \{1, 3\}, \text{ なぜなら } e_1 = e_3 = 2$$

$$Z_1 = -9 < Z_3 = -3 \text{ より } j^* = 1, \text{ よって } x_1 = (1, 0, 0, 0, 0), x_1 \text{ を } P \text{ に加える.}$$

$$A = [2, 8] \text{ は } A^* \text{ より良, よって } A^* = A, X^* = X_1$$

$$(c_{ij}) = \begin{pmatrix} -3 & -1 & 3 & -5 & 2 \\ -6 & 0 & 0 & 2 & -2 \\ 3 & 2 & 2 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad (b_i) = \begin{pmatrix} 2 \\ -2 \\ 6 \end{pmatrix}$$

イテレーション 2

$$k = 1 \text{ で } I_1 = \{1, 2\}, d_{11} = 2 > d_{21} = 0 \text{ より } i^* = 1$$

$$\tilde{J}_{11} = \{3, 5\}, e_3 = \min(e_3 = -1, e_5 = 0) \text{ より } j^* = 3$$

$$Z_3 = -3 < 0 \text{ より } X_2 = (1, 0, 1, 0, 0), X_2 \text{ を } P \text{ に加える.}$$

$$A = [0.6] \text{ は } A^* \text{ より良, よって } A^* = A, X^* = X_2$$

$$(c_{ij}) = \begin{pmatrix} -3 & -1 & -3 & -5 & 2 \\ -6 & 0 & 0 & 2 & -2 \\ 3 & 2 & -2 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad (b_i) = \begin{pmatrix} -1 \\ -2 \\ 4 \end{pmatrix}$$

イテレーション 3

$$a_1 = 0 \text{ より } k = 2, \text{ よって } I_2 = 2, 3, d_{32} = 4 > d_{22} = 2 \text{ より } i^* = 3$$

$$\tilde{J}_{23} = \{1, 2, 4, 5\}, e_1 = \min(e_1 = 1, e_3 = 2, e_4 = 4, e_5 = 2) \text{ より } j^* = 1$$

$$Z_1 = -9 < 0, X_2 \text{ で } x_1 = 1 \text{ より } X_3 = (0, 0, 1, 0, 0)$$

$$X_3 \text{ を } P \text{ に加える. } A = [6, 1] \text{ は } A^* \text{ より悪}$$

$$(c_{ij}) = \begin{pmatrix} 3 & -1 & -3 & -5 & 2 \\ 6 & 0 & 0 & 2 & -2 \\ -3 & 2 & -2 & 0 & 5 \end{pmatrix} \quad (b_i) = \begin{pmatrix} 2 \\ 4 \\ 1 \end{pmatrix}$$

イテレーション 4

$$k = 1 \text{ で } I_1 = 1, 2, d_{11} = 2 < d_{21} = 4 \text{ より } i^* = 2$$

$$\tilde{J}_{12} = \{1, 2, 3, 4\}, e_1 = \min(e_1 = -2, e_2 = 4, e_3 = 4, e_4 = 2) \text{ より } j^* = 1$$

$$Z_1 = -9 < 0 \text{ であるが } p_4 = (1, 0, 1, 0, 0) \text{ は } P \text{ にあるので } \tilde{J}_{12} = \{2, 3, 4\}$$

$$Z_2, Z_3, Z_4 > 0 \text{ より } \tilde{J}_{12} = \phi$$

$$I_1 = \{1\} \text{ より } i^* = 1, \text{ よって } \tilde{J}_{11} = \{1, 5\}$$

$$e_1 = \min(e_1 = -1, e_5 = 0) \text{ より } j^* = 1$$

$Z_1 = -9 < 0$ であるが p_4 は P にあり, また $j^* = 5$ は $Z_5 = 0 \geq 0$ より $\tilde{J}_{11} = \phi$

$k = 2$ で $i^* = 3$ より $d_{22} = 0 < d_{32} = 1$ より $i^* = 3$

$\tilde{J}_{23} = \{2, 4, 5\}$, $e_4 = \min(e_2 = 2, e_4 = 1, e_5 = 8)$ より $j^* = 4$

$j^* = 4$ は $Z_4 = 0 \geq 0$ より $\tilde{J}_{23} = \{2, 5\}$

$Z_2 = -2 < 0$ より $j^* = 2$ は $X_4 = (0, 1, 1, 0, 0)$

X_4 を P に加える. $A = [7, 2]$ は A^* より悪い.

イテレーション 5 (以下詳細は略す)

$X_5 = (1, 1, 1, 0, 0)$, $A = [0.4]$

A は A^* より良. よって $A^* = A$, $x^* = X_5$

イテレーション 6

$X_6 = (1, 1, 1, 0, 1)$, $A = [0.6]$

イテレーション 7

$X_7 = (1, 0, 1, 0, 1)$, $A = [0.2]$

A は A^* より良. よって $A^* = A$, $X^* = X_7$

イテレーション 8

$X_8 = (1, 0, 0, 0, 1)$, $A = [0, 1]$

A は A^* より良. よって $A^* = A$, $X^* = X_8$

イテレーション 9

$a_1 = 0$, $a_2 = 1$ より, $k = 2$ で, $I_2 = \{2, 3\}$

$d_{23} = 0 < d_{32} = 1$ より $i^* = 3$, よって $\tilde{J}_{23} = \{1, 2, 3, 4\}$

$e_4 = \min(e_1 = 4, e_2 = 2, e_3 = 2, e_4 = 1)$ より $j^* = 4$ であるが $Z_4 = 0 \geq 0$

また $j^* = 3$ とするなら p_9 は P にあり, Step 9 の条件を満たさない.

さらに $j^* = 1$ or 2 としても同様である. よって $\tilde{J}_{23} = \phi$

$I_2 = \{2\}$ であるが $d_{22} = 0$ より $I_2 = \phi$

よって, これ以上 A を改善する j を選択できなく, 次の最適解を得る.

最適解 : $X^* = X_8 = (1, 0, 0, 0, 1)$

最適関数達成値 : $A^* = [0, 1]$

上記の数値計算例は、達成関数 A の a_2 において、特に式 (6.33) の目標に関し、負の差異変数に 1、正の差異変数に 2 の重みを付して最小化する問題であった。ここで、負の差異に 2、正の差異に 1 の重み付して最小化する場合、式 (6.32) に変えて次式を用いることになる。

$$a_2 = (2\eta_3 + \rho_3) + \rho_2 \quad (6.36)$$

その場合の最適解は、提案した解法アルゴリズムを用いて、次のように得れる。

最適解 : $X^* = (1, 0, 1, 0, 1)$

最適達成関数値 : $A^* = [0, 1]$

提案した解法アルゴリズムを実用規模の問題に用いた場合の計算効率、問題の優先順位、制約条件および変数の数や満足化基準の厳しさによって異なる。それを明確にし、他の方法との比較を行うためには計算実験が必要となろうが、単一目標の問題などに比べて目標計画法では、優先順位数、各優先順位で達成されるべき差異変数の組み合わせなど、多くの要因を考慮する必要がある。従って、明確な有効性の検証は難しく、別途なされるべきものであるとし、ここでは、参考として変数、制約条件、優先順位の数異なる問題を設定し、優先順位を明確に扱える Ignizio の方法と提案した方法について計算時間の比較を行った結果を表 6.1 に示す。設定した問題の詳細は省略するが、 c_{ij} は -9 から 9 の間の一様乱数、 b_i は 2 、差異変数は Ignizio の方法に順守するため η をとり、 η_i の各優先順位への振り分けはほぼ均等になるように行い、それぞれの条件につき 10 個の問題について計算し、計算時間とイテレーション数の平均を得た。これらの評価値より、提案したアルゴリズムは、Ignizio の解法アルゴリズムと比較して、約 $1/3$ の計算時間で解を得ることができることがわかった。なお、得られた解はどちらの方法でもすべて同じであった。

本研究で提案した解法アルゴリズムは、各イテレーションにおいて、変数が選択されるごとに、その変数の部分解を考慮したとき、その解は以前探索したことがあるか否かを Step 8 において調査する必要がある。従ってイテレーションを重ねるとともに、調査のためのファイルへのアクセス時間が増大し、問題の規模が大きくなると計算時間に大きく影響する可能性がある。通常、アルゴリズムでは、初期解 X を

表 6.1: 計算時間の例

条件 No.	変数の数	目標の数	優先順位の数	問題の数	Ignizio の方法		提案した方法	
					平均イテレーション数	平均計算時間 [秒]	平均イテレーション数	平均計算時間 [秒]
1	10	10	2	10	1,345	0.318	220	0.162
2	15	10	2	10	20,749	9.483	1,305	2.324
3	20	10	2	10	277,493	74.449	4,644	23.911
4	20	10	4	10	168,973	108.060	5,852	34.318

$x_j = 0$ ($j = 1, 2, \dots, n$) と設定するが、自由に設定することもできる。有効な初期解を設定し、そこから計算を開始すれば、無駄な部分解の生成を少なくできる可能性があり、より迅速に最適解を得ることも可能である。初期解の設定法として、元問題の優先順位及び重みを無視した問題を構成し、その問題を提案した解法アルゴリズムを用いて得られた解を初期解として与える方法や、係数や目標を変更して再度問題を解きたい場合などは、以前得た解を初期解とするなど種々の方法が考えられ、その有効性は問題によるのでここではとくに詳述しない。肝要なことは与えられた問題の特徴を見て、なるべく最適解に近い解を迅速に得る方法により最適解を与えることができれば、アルゴリズムは常に未達成の目標値を改善するように解の探索を行うので、計算の効率化に少しでも寄与できる。

6.5 結 言

本章では、第 5 章で提起した動学的多目標製品選択計画問題が、その意思決定環境を考慮すれば、0-1 型の目標計画問題に集約されることを受け、その問題を効率的に解く解法アルゴリズムについて、次の考察を行った。

(1) Ignizio, Lee, Musa-Saxena の提案した既存の解法アルゴリズムについて、その長短について検討を行い、Ignizio や Lee の方法は一般的な問題を解くことが可能であるが、冗長であり、Musa-Saxena の方法は計算効率は良いが、優先順位に付重で対処するなどの問題点があることを指摘した。

(2) 既存の解法の検討を踏まえて、Musa-Saxena の解法を一般的な問題に対処で

きるよう改善するとともに、より効率的に解を得るよう改善した解法アルゴリズムを構築した。

(3) 構築した解法アルゴリズムの解法手順を例示するため、数値計算例を示した。

(4) 構築した解法アルゴリズムの計算効率の有効性を確認するため、数種の問題規模に対して数値実験を行うとともに、Ignizio の解法アルゴリズムとの比較を行い、約 1 / 3 の計算時間で解を得ることができることがわかった。

第7章 結 論

生産とマーケティングの計画は、その職制の違いから特に学術研究分野において個々の分野で独立して研究が行われてきた。近年の消費者ニーズの多様化、情報技術を中心とする技術革新の飛躍的な進展は、生産に関わる計画においては外的要因を扱うマーケティングに関わる計画を、マーケティングに関わる計画においては企業内資源を活用して製品を製造する生産に関わる計画を考慮することを強いている。一方、企業が多国籍化し、経済活動が活性化する中、企業間競争は熾烈を極め、市場においてその存続を維持するには、市場環境、経営環境に即した適時的確な経営方略を掲げ、その方略の下に、迅速に活動計画を策定し、施行する必要がある。本論文では、これらの観点から、適時適切な経営方略の下に生産とマーケティングの計画を統合的に行う数理的計画モデルについて考察した。

第1章では、Hayes-Wheelrightの製造業の経営方略の考え方を基に、生産とマーケティングの計画を統合的に策定する意義を考察するとともに、CIMの原理を基に、コンピュータ支援システムとしてのプロダクション・マーケティング統合システムの展開について議論した。また生産とマーケティングの計画を統合的に扱った過去の研究履歴について、その概要を報告するとともにその問題点について考察した。そしてこれらの検討を基に、本論文で提起すべき統合計画モデルの基本概念として、需要の積極的コントロール、計画への経営方略の包含、計画の多目標性、意思決定規範としての満足化原理の四項を提示した。さらに、これらの基本概念に基づき統合計画モデルを構築していくための要素管理技術について、その概要を紹介した。

第2章では、特に統合計画の方略性に焦点を当てた静学的統合的計画モデルを構築した。構築した計画モデルは、製品ライフ・サイクルを覆うような計画期間を設定し、その早期に比較的多くの販売量を確保するという方略的販売目標を考慮した上に、代表的企業目標である利潤最大化を達成する計画を策定する計画モデルであり、線形計画モデルとして定式化した。また構築したモデルが、将来の市場環境が変わった場合に有効に働く計画モデルであることを数値計算例を用いて明らかにした。

第3章では、特に統合計画の多目標性に焦点を当てた静学的統合的計画モデルを構築した。構築した計画モデルは、代表的な経営目標である価格目標、利益目標、販売

量目標を取り上げ、これらに同時に対処する計画モデルとするとともに、特に価格目標に対処するには、生産とマーケティングだけでなく資材調達や財務に関わる計画も同時に統合計画として考慮することが肝要であるとの観点の下に計画モデルを構築した。計画モデルは非線形混合整数目標計画法として定式化したが、健全な財務状況を確保すること、価格目標を第一位の優先順位とすることを前提した場合については、線形目標計画法を有効に利用した解法を提示できることを示した。

第4章では、市場環境が変動的であって不確実性の高い場合、静学的計画では不十分であることより、動学的な計画モデルを提起した。構築した計画モデルは、設定した計画期間内に達成すべき販売量目標と利潤目標およびその優先順位が与えられる条件下、計画期間内の各単位期の期末においてその期の販売実績を考慮しながら、次期の生産計画とマーケティング計画を行う計画モデル：PM1と次期だけでなく次々期の計画も策定し、次期の計画を施行する計画モデル：PM2を構築した。各単位期における計画モデルは非線形目標計画問題として定式化し、問題を解析して最適計画を与える解法アルゴリズムを構築した。また各計画モデルの有効性およびモデル間の比較を行うため数値実験を行い、次々期についての市場の情報をある程度正確に予測できるならば、PM2が有効な計画モデルとなることを示した。

第5章では、前述したような消費者ニーズの多様化、製品ライフ・サイクルの短命化の進展する市場環境にあっては、生産とマーケティングの各分野で独立に行われてきた製品選択計画も統合的観点から行う必要があり、さらにどの製品を導入・撤退させるかだけでなく、その時期も計画することが必要であるとの観点の下に、動学的多目標製品選択計画モデルを構築した。構築した計画モデルは、非線形混合整数目標計画問題として定式化したが、統合的観点にたつ製品選択計画は、包括的レベルで行われる計画であることや導入・撤退の時期を示唆する情報を得るだけでも十分価値があるとの判断の下に、各期で利潤が最大となるよう生産・販売量を固定して、0-1型目標計画法によって最適製品選択計画を得る計画モデルに集約した。また数値例を与えて計画の策定手順を示すとともに、目標間の優先順位が変わることによって、選択される製品およびその導入時期・撤退時期が異なってくることを示し、動学的製品選択計画の重要性を示した。

第6章では、第5章で動学的多目標製品選択計画問題が0-1型の目標計画問題

として定式化されたことを受けて、変数の数が多くなることからその有効な解法アルゴリズムが必要であるとの観点の下に、解法アルゴリズムを構築した。まず既存の Ignizio, Lee, Musa-Saxena の解法の長所短所を整理し、手続きとして効率的な Musa 等の解法を一般的な問題が解けるように改善した解法アルゴリズムを提起した。さらに提起した解法アルゴリズムの有効性を示すために Ignizio の方法との比較を行う数値実験を行い、提起した方法を用いれば Ignizio の方法に比べて約 $1/3$ の計算時間で済むことを示した。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、終始適切かつ丁寧なご指導とご鞭撻を賜りました京都大学工学部精密工学教室 人見勝人 教授に対しまして心から謝意を表します。

また、本研究に関しまして多くの有益なご教示とご討論を賜りました同大学工学部精密工学教室 佐藤 進 教授、並びに山品 元 教授に対しまして厚く御礼申し上げます。

さらに、研究活動を公私にわたりご支援頂いた人見研究室に関係する諸先生方および卒業生諸氏、本研究の視点の一つである経営学、経済学の立場よりご批判ご討論を頂きました富山大学経済学部の諸先生方には深く感謝申し上げます。

記 号 — 覧

第6章は、第5章の解法アルゴリズムについて詳述したものであり、数理計画法として汎用性のある解法アルゴリズムである。全章に渡って統一した記号も設定できるが、解法アルゴリズムの汎用性および数学的な一般性を保つために、5章までとは記号の設定を独立した。

5章までの記号一覧

a_t	: t 期の生産の変動費用に関わるパラメータ [円/個]
b_t	: t 期の生産の変動費用に関わるパラメータ
c_{ht}	: t 期の製品1個当たりの在庫費用 [円/個]
c_{hmt}	: t 期の単位当たりの資材在庫費用 [円/単位]
C_{Ht}	: t 期在庫費用 [円]
c_m	: 資材1単位当たりの資材費用 [円/単位]
c_{mt}	: 資材1単位当たりの t 期資材費用 [円/単位]
c_{MK_0}	: マーケティング部門に関する計画期間内の総固定費 [円]
c_{MK_0t}	: マーケティング部門に関する t 期固定費 [円]
C_{MK}	: マーケティング部門に関する総費用 [円]
c_{pi}	: 製品 i の製品1個当たりの生産費用 [円/個]
c_{pj}	: 製品 j の製品1個当たりの生産費用 [円/個]
c_{P_0}	: 生産部門に関する計画期間内の総固定費 [円]
c_{P_0t}	: t 期の生産に関わる固定費用 [円]
c_{pt}	: t 期の製品1個当たりの正常生産費用 [円/個]
c'_{pt}	: t 期の製品1個当たりの残業生産費用 [円/個]
c''_{pt}	: t 期の製品1個当たりの外注生産費用 [円/個]
C_P	: 生産部門に関する総費用 [円]
C_{Pt}	: t 期の生産費用 [円]
c_{PM_0t}	: 資材調達に関する t 期固定費用 [円]

$C_{u,MK}$: マーケティング部門の計画期間内での販売促進活動予算の上限 [円]
$d\Delta$: Δ の増分パラメータ
e_i	: 製品 i の 1 個当たりの生産時間 [時間/個]
e_j	: 製品 j の 1 個当たりの生産時間 [時間/個]
F_{Pj}	: 新製品生産準備費用 [円]
F_{MKj}	: 新製品販売準備費用 [円]
G_t	: 借り入れ限度額 [円]
H	: 最終計画期
i	: 既存製品の指標
I	: 既存製品の品種数
I_0	: 初期製品在庫量 [個]
I_{0t}	: I_0 のうち t 期での販売量 [個]
I_e	: 計画期間末に必要な製品在庫量 [個]
I_t	: t 期末在庫量 [個]
j	: 新製品の指標
J	: 導入可能な新製品の品種数
l	: 優先販売期間最終期
L	: 計画期間内で導入する製品数の目標値
ℓ	: 計画期間内で導入する製品数
m_0	: $(w - 1)$ 期以前の販売促進活動予算 [円]
m_{it}	: 製品 i の t 期販売促進活動予算 [円]
m_{jt}	: 製品 j の t 期販売促進活動予算 [円]
m_t	: t 期販売促進活動予算 [円]
n	: 差異変数
p	: 差異変数
P	: 計画期間内での製品価格 [円/個]
P_{it}	: 製品 i の t 期の販売価格 [円/個]
P_{jt}	: 製品 j の t 期の販売価格 [円/個]

P_{ref}	: 参考価格 [円／個]
$P_{ref,t}$: 各期ごとに設定する場合の参考価格 [円／個]
P_t	: t 期の販売価格 [円／個]
$P_{u,t}$: t 期の販売価格の上限 [円／個]
q_{0t}	: 販売促進活動によらないで得られる t 期予測販売量 [個]
q_{0it}	: 販売促進活動によらないで得られる製品 i の t 期予測販売量 [個]
q_{0jt}	: 販売促進活動によらないで得られる製品 j の t 期予測販売量 [個]
q_t	: t 期予測販売量 [個]
\check{q}_t	: 数値実験のための t 期実績販売量 [個]
q_{it}	: 製品 i の t 期予測販売量 [個]
q_{jt}	: 製品 j の t 期予測販売量 [個]
Q_{ideal}	: 計画期間内総販売量目標値 [個]
r_t	: t 期の利潤 [円]
r_{it}	: 製品 i の生産・販売によって得られる t 期利潤 [円]
r_{jt}	: 製品 j の生産・販売によって得られる t 期利潤 [円]
R	: 計画期間内の総利潤 [円]
R_{ideal}	: 計画期間内の総利潤の目標値 [円]
t	: 計画期間指標
T_t	: 各期総生産時間 [時間]
$T_{t,ideal}$: 各期総生産時間の目標値 [円]
u_{it}	: 製品 i を t 期において廃棄するどうかを決める 0-1 変数
v_{jt}	: 製品 j を t 期において導入するどうかを決める 0-1 変数
w	: 販売開始時期
x_{it}	: 製品 i の t 期生産量 [個]
x_{jt}	: 製品 j の t 期生産量 [個]
x_{st}	: t 期販売のための s 期正常生産量 [個]
x'_{st}	: t 期販売のための s 期残業生産量 [個]
x''_{st}	: t 期販売のための s 期外注生産量 [個]

x_{te}	: 計画期間末在庫のための t 期正常生産量 [個]
x'_{te}	: 計画期間末在庫のための t 期残業生産量 [個]
X_t	: t 期正常生産能力 [個]
X'_t	: t 期残業生産能力 [個]
X''_t	: t 期外注生産能力 [個]
y_{st}	: t 期生産のための s 期資材調達量 [単位]
y_{te}	: Y_e のための t 期資材調達量 [単位]
Y_e	: 計画期間末必要資材在庫量 [単位]
Y_0	: 初期資材在庫量 [単位]
z_t	: t 期末現金流 [円]
z_0	: 初期貸付額 [円]
z'_0	: 初期借り入れ額 [円]
Z	: 計画期間内の総現金流 [円]
Z_{ideal}	: 計画期間末現金流の目標値 [円]
α_t	: t 期価格が t 期予測販売量に与える効果を表す定数
α_{it}	: 製品 i の t 期価格が t 期予測販売量に与える効果を表す定数
α_{jt}	: 製品 j の t 期価格が t 期予測販売量に与える効果を表す定数
β_{it}	: 製品 i の t 期のマーケティング活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
β_{jt}	: 製品 j の t 期のマーケティング活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
ζ_s	: 販売促進活動の $(s-1)$ 期後の持続効果
β_{t0}	: m_0 によるマーケティング活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
β_{ts}	: $(t-s+1)$ 期のマーケティング活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
γ_{it}	: 製品 i の t 期販売促進活動費用が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
γ_{jt}	: 製品 j の t 期販売促進活動費用が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
δ_t	: 借り入れに関わる 0-1 変数
ΔP	: 価格の増分パラメータ [円/個]

Δ	: 価格引き下げ率
Δ_{ideal}	: 価格引き下げ率の目標値
Δq	: 販売量の増分パラメータ [個]
η	: 計画期間内で得られる総販売量の内、 w 期から l 期までに販売する量の割合
θ_t	: z_t うち貸付または有価証券を購入する割合
λ_t	: 販売促進活動が t 期予測販売量に及ぼす効果 [個/円]
ν	: 販売促進活動の持続する期間
π	: 貸付金利または有価証券戻り率
τ_t	: 貸付を決める 0-1 変数
v	: 借り入れ金利
ω_t	: 計画期間以前の販売促進活動の持続効果が t 期予測販売量に及ぼす効果

6 章の記号一覧

a_k	: 優先順位 k で最小化する差異変数の関数
A	: 達成関数
A^*	: 最適達成関数値
b_i	: 制約条件 i の定数項
c_{ij}	: 制約条件 i , 変数 j の係数
d_i	: η_i , ρ_i , $\eta_i + \rho_i$ のいずれかを代替する変数
d_{ik}	: 優先順位 k , 制約条件 i の差異変数値
$g_k(\eta, \rho)$: η_i , ρ_i の関数
i	: 制約条件の指標
i^*	: 最適解の候補解を選択する制約条件の指標
I^k	: 優先順位 k で最小化すべき差異変数 η_i の添字集合
I_k	: $I_{Nk} \cup I_{Pk}$
I_{Nk}	: 優先順位 k の達成関数 a_k に現れる η_i と ρ_i の添字集合
j	: 変数の指標
j^*	: 最適解の候補となる変数の指標
J_k	: I_k に属するすべての制約条件 i で $c_{ij} = 0$ でない変数の添字集合
$J_{i^*}^S$: $b_{i^*} c_{i^* j} < 0$ となる $j \in J_{ki^*}$
J_{ki^*}	: J_k の要素であり, i^* において $c_{i^* j} = 0$ でない j の集合
\tilde{J}_{ki^*}	: J_{ki^*} から式の条件を満たす j を除いた変数の添字集合
\tilde{J}'_{ki^*}	: \tilde{J}_{ki^*} から [Step 6-1] によって選択された変数の添字集合の内, タイとなっている変数の添字集合
m	: 制約条件の数
n	: 変数の数
k	: 優先順位指標
K	: 優先順位の数
p_t	: t 回目のイテレーションにおける j の集合
P	: $t - 1$ 回目のイテレーションまでの部分集合

r	: イテレーションの最初 0 と設定し, A を改善する可能性がある変数が選択されるとその添字番号に設定されるパラメータ
u_{ik}	: 優先順位 k で最小化すべき差異変数 η_i の重み係数
w_{ik}	: 優先順位 k で最小化すべき差異変数 ρ_i の重み係数
x_h	: 制約条件において負の係数を持つ変数の呼称
x_{h1}	: x_h の係数がすべての制約条件で負のとき, 正とするために導入する変数
x_{h2}	: x_h の係数が負となる制約条件の変数の係数を正とするために導入する変数
x_j	: 0 – 1 変数
X^*	: 最適解で $x_j = 1$ となる変数の添字集合
X_0	: 初期解で $x_j = 1$ となる変数の添字集合
X_t	: イテレーション t で $x_j = 1$ となる変数の添字集合
Z	: A を少なくとも改悪する量
Z_j	: \tilde{J}'_{ki} に属する添字を持つ変数 x_j を選択するとき, A を少なくとも改悪する量
η_i	: 制約条件 i の負の差異変数
η	: η_i を要素とするベクトル
ρ_i	: 制約条件 i の正の差異変数
ρ	: ρ_i を要素とするベクトル
ϕ	: 空集合

参 考 文 献

- [1] Abad, P.L. and Sweeney : “Decentralized Planning with an Interdependent Marketing-Production System”, *OMEGA*, 1982, Vol.10, No.4,(1982) pp.353-359
- [2] 青沼龍雄 : “階層計画システムと線形 2 レベル計画”, 商大論集 (神戸商科大学), 36 卷 5, 6 号 (昭和 60 年 3 月), pp.337-364
- [3] Ansoff, H.I. : *Strategic Management*, The Macmillan Press(1979) ; 中村元一訳 : 戦略経営論, 産能大学出版部 (1980)
- [4] Arora, R. : “How Promotion Elasticities Change”, *J. Advertising Res.*, Vol.19, No.3(June 1979), pp.57-62
- [5] Balachandran, V. and Gensch, D.H. : “Solving the ”Marketing Mix” Problem using Geometric Programming”, *Manage. Sci.*, Vol.21, No.2(1974), pp.160-171
- [6] Balas, E. : “An Additive Algorithm for Solving Linear Programms with Zero-One Variables”, *Oper. Res.*, Vol.13(1965), pp.517-546
- [7] Bass, F.M. : “A New Product Growth for Model Consumer Durables”, *Manage. Sci.*, Vol.15, No.5(1969), pp.215-227
- [8] Bass, F.M. : “A Simultaneous Equation Regression Study of Advertising and Sales of Cigarettes”, *J. Mark. Res.*, Aug., Vol.6(1969), pp.291-300
- [9] Bass, F.M. and Clarke, D.G. : “Testing Distributed Lag Models of Advertising Effect”, *J. Mark. Res.*, Aug., Vol.9(1972), pp.298-308
- [10] Baudin, M. : *Manufacturing Systems Analysis with Application to Production Scheduling*, Yourdon Press(1990), pp.248-258
- [11] Beckwith, N.E. : “Multivariate Analysis of Sales Responses of Competing Brands to Advertising”, *J. Mark. Res.*, May, Vol.9(1972), pp.168-176
- [12] Bensoussan, A., Coruh, M. and Proth, J.M. : *Mathematical Theory of Production Planning*, North-Holland(1983)
- [13] Bonini, C.P. : *Simulation of Information and Decision Systems in the Firm*, Prentice-Hall, Inc.(1963)

- [14] Bracken, J. and McGill, J.T. : "Production and Marketing Decisions with Multiple Objectives in a Competitive Environment": *J. Optimization Theory and Applications*, Vol.24, No.3(Mar. 1978), pp.449-458
- [15] Brown, G.G., Geoffrion, A.M. and Bradley, G.H. : "Production and Sales Planning with Limited Shared Tooling at the Key Operation", *Manage. Sci.*, Vol.3, No.3(Mar. 1981), pp.247-259
- [16] Bultez, A.V. and Naert, P.A. : "Does Lag Structure Really Matter in Optimizing Advertising Expenditures?", *Manage. Sci.*, Vol.25, No.5(May 1979), pp.454-465
- [17] Bultez, A. and Naert, P. : "When Does Lag Structure Really Matter...Indeed", *Manage. Sci.*, Vol.34, No.7(July 1988), pp.909-916
- [18] Case, J.H. : "Solving Differential Games", *Economics and the Competitive*, Ch.8, N.Y. Univ. Press(1979), pp.210-252
- [19] Charne, A. and Cooper, W.W. : *Management Models and Industrial Application of Linear Programming*, John-Wiley(1961), pp.215-223
- [20] C I Mインフラテクノロジー & 事例特集号 : システム / 制御 / 情報, Vol.34, No.3(1990)
- [21] C I M開発研究会編 : C I M戦略, 工業調査会 (1989)
- [22] Clarke, D.G. : "Econometric Measurement of the Duration of Advertising Effect on Sales", *J. Mark. Res.* Nov., Vol.13(1976), pp.345-357
- [23] Cochran, E.B. : "New Concepts of the Learning Curve", *J. Industrial Engineering*(July-Aug. 1960), pp.317-327
- [24] Cox, W.E.Jr. : "Product Life Cycles as Marketing Models", *J. of Business*, Vol.40, No.4(1967), pp.375-384
- [25] Crittenden, V.L. : "Close the Marketing/Manufacturing Gap", *Sloan Manage. Rev.*(Spr. 1992), pp.41-52
- [26] Crowder, L.J., Sposito, V.A. : "Comments on An Algorithm for Solving the Linear Goal-Programming Problem by Solving its Dual", *J. Oper. Res. Soc.*, Vol.38, No.4(1987), pp.335-340
- [27] Damon, W.W. and Schramm, R. : "A Simultaneous Decision Model for Marketing, Production and Finance", *Manage. Sci.*, Vol.23, No.9(1977), pp.1010-1011
- [28] Damon, W.W. and Schramm, R. : "On A Simultaneous Decision Model for Marketing, Production and Finance; A Rejoinder", *Manage. Sci.*, Vol.23, No.9(May 1977), pp.1010-1011
- [29] Deal, K.R. : "Optimizing Advertising Expenditures in a Dynamic Duopoly", *Oper. Res.*, Vol.27, No.4(1979), pp.682-692

- [30] Dhalla, N.K. and Yuspheh, S. : "Forget the Product Life Cycle Concept", *Harv. Bus. Rev.* (Jan.-Feb. 1976), pp.102-112
- [31] Dhalla, N.K. : "Assessing the Long-Term Value of Advertising", *Harv. Bus. Rev.* (Jan.-Feb. 1978), pp.87-95
- [32] Dirven C.A.J.M. and Vrieze, O.J. : "Advertising Models, Stochastic Games and Myopic Strategies", *Oper. Res.*, Vol.34, No.4(1986), pp.645-649
- [33] Dockner, E. and Jørgensen, S. : "Optimal Advertising Policies for Diffusion Models of New Product Innovation in Monopolistic Situation", *Manage. Sci.*, Vol.34, No.1(Jan. 1988), pp.119-130
- [34] Dorfman, R. and Steiner, P.O. : "Optimal Advertising and Optimal Quality", *Amer. Econ. Rev.*, Vol.44, No.5(Dec. 1954), pp.826-836
- [35] Eliashberg, J. and Steinberg, R. : "Marketing-Production Decisions in An Industrial Channel of Distribution", *Manage. Sci.*, Vol.33, No.8(Aug. 1987), pp.981-1000
- [36] Eskin, G.J. : "A Case for Test Market Experiments", *J. Adv. Res.* Vol.15, No.2(Apr. 1975), pp.27-33
- [37] Eskin, G.J. and Baron, P.H. : "Effects of Price and Advertising in Test-Market Experiments", *J. Mark. Res.* Vol.14(Nov. 1977), pp.499-508
- [38] Farris, P.W. and Buzzell, R.D. : "A Comment on "Modeling the Marketing Mix Decision for Industrial Products", *Manage. Sci.*, Vol.26, No.1(1980), pp.97-100
- [39] Freeland, J.R. : "Coordination Strategies for Production and Marketing in a Functionally Decentralized Firm", *AIIE Trans.*, Vol.12, No.2(1980), pp.126-132
- [40] Freidman, L. : "Game-Theory Models in the Allocation of Advertising Expenditures", *Oper. Res.*, Vol.6(1958), pp.699-709
- [41] 藤本邦明 : "戦略的情報システムにおけるシステム監査", システム監査, Vol.3, No.1(Jan. 1990), pp.2-9
- [42] 藤芳誠一編著 : 新版・経営学, 学文社 (1990), pp.125-127
- [43] 福川忠昭, 山口俊和 : "目標計画法とその発展", 日本経営工学会誌, Vol.36, No.1(1985), pp.7-19
- [44] Garrod, N.W. and Moores, B. : "An Implicit Enumeration Algorithm for Solving Zero-One Goal Programming Problems", *Omega*, Vol.6, No.4(1978), pp.374-377
- [45] Gupta, S.K. and Krishnan, K.S. : "Mathematical Models in Marketing", *Oper. Res.*, Vol.15(1967), pp.1040-1050
- [46] 濱田和樹 : "目標達成のための階層間情報交換について", 西南学院大学商学論集, 30巻1号 (June 1983), pp.29-48

- [47] Harris, M., Kriebel, C.H. and Raviv, A. : “Asymmetric Information, Incentives and Intrafirm Resource Allocation”, *Manage. Sci.*, Vol.28, No.6(June 1982), pp.604-620
- [48] 橋本 勲 : 現代マーケティング論, 新評論 (1973), pp.209-211
- [49] Hax, A.C. and Candea, D. : *Production and Inventory Management*, Prentice-Hall(1984), pp.393-464
- [50] Hayes, R.H. and Wheelwright, S.C. : “Link Manufacturing Process and Product Life Cycles, ”. *Harv. Bus. Rev.* (Jan.-Feb. 1979), pp.133-140
- [51] Hayes, R.H. and Wheelwright, S.C. : “The Dynamics of Process-Product life Cycles”, *Harv. Bus. Rev.* (Mar.-Apr. 1979), pp.127-136
- [52] 人見勝人 : 生産の意思決定, 中央経済社 (1972), pp.102-112
- [53] 人見勝人 : 生産管理工学, コロナ社 (1980), pp.45-58
- [54] 人見勝人 : 生産管理工学, コロナ社 (1980), pp.42-45
- [55] 人見勝人 : 生産管理工学, コロナ社 (1980), pp.19-45
- [56] 人見勝人 : 生産システム論, 同文館 (1991), pp.128-135
- [57] 人見勝人 : 入門編生産システム工学, 共立出版 (1991), p.34
- [58] Holt, C.C., Modigliani, F., Muth, J.F., and Simon, H.A. : *Planning Production, Inventories, and Work Force*, Prentice-Hall, Englewood Cliffee, N.J.(1960)
- [59] Hum, S.H., Sarin, R.K. : “Simultaneous Product-Mix Planning, Lot Sizing and Scheduling at Bottleneck Facilities”, *J. Oper. Res.*, Vol.39, No.2(Mar.-Apr. 1991), pp.296-307
- [60] Ignizio, J.P.: *Goal Programming and Extensions*, Lexington Books, Tront(1976), pp.138-151
- [61] Ignizio, J.P. : “An Algorithm for solving the Linear Goal Programming Problem by Solving its Dual”, *J. Oper. Res. Soc.* , Vol.36, No.6(1985), pp.507-515
- [62] 井尻雄士 : 計数管理の基礎, 岩波 (1970)
- [63] 井上 薫 : 企業目標の基礎理論, 千倉書房 (1981)
- [64] 石渕久生, 太田雅晴, 人見勝人 : “同一生産サイクルによる多品種製品のロット生産における製品選択計画 ; 単一生産設備・多品種ロット生産における製品選択計画 (第1報)”, 日本経営工学会誌, Vol.40, No.2(1989), pp.74-79
- [65] 情報システムハンドブック編集委員会編 : 情報システムハンドブック, 培風館 (1989), pp.2 の 504-2 の 505
- [66] 情報システムハンドブック編集委員会編 : 情報システムハンドブック, 培風館 (1989), pp.167-168,129-130,384-385

- [67] Jørgensen, S. : “A Survey of Differential Games in Advertising”, *J. Economic Dynamics and Control*, Vol.2(1982), pp.341-369
- [68] Jones, C.P. : “Analysis of A Dynamic Duopoly Model of Advertising”, *Math. Oper. Res.*, Vol.8, No.1(Feb. 1983), pp.122-134
- [69] Karnani, A. : “The Value of Market Share and the Product Life Cycle-A Game-Theoretic Model”, *Manage. Sci.*, Vol.30, No.6(June 1984), pp.696-712
- [70] 北澤 博 (編著): 物流情報システム, 高度化の方向と可能性, 白桃書房 (1991), pp.53-54
- [71] 降旗武彦: “経営戦略論に関する若干の考察 (1)”, 経済論叢 (京都大学経済学会), 133巻3号 (1984), pp.1-27
- [72] 降旗武彦: “経営戦略論に関する若干の考察 (2)”, 経済論叢 (京都大学経済学会), 133巻4号 (1984), pp.1-25
- [73] 降旗武彦: “経営戦略論に関する若干の考察 (3)”, 経済論叢 (京都大学経済学会), 134巻3・4号 (1984), pp.1-30
- [74] 小島敏宏: 新経営情報システム論, 白桃書房 (1990)
- [75] 小森俊介: “広告コミュニケーションの持続効果”, 西南学院大学商学論集, 30巻3号 (Dec. 1983), pp.23-48
- [76] 小森俊介: “広告コミュニケーションの持続効果”, 西南学院大学商学論集, 31巻4号 (March 1985), pp.87-124
- [77] Kotler, P. : “Competitive Strategies for New Product Marketing over Life Cycle”, *Oper. Res.*, Vol.12, No.4(1965), pp.B104-B119
- [78] Kotler, P. : “Multiple Marketing instruments”, *Marketing Decision Making, Ch.3*, Holt, Rinehart and Winston, Inc.(1971), pp.51-81
- [79] Kotler, P. : “Multiple Products”, *Marketing Decision Making, Ch.7*, Holt, Rinehart and Winston, Inc.(1971), pp.177-188
- [80] Koyck, L.M. : *Distributed Lags and Investment Analysis*, Amsterdam, North-Holland(1954)
- [81] 熊谷, 栗山, 下左近多喜男, 能勢: “熟成製品を取り扱う2階層生産・販売システムに関する研究”, 日本経営工学会誌, Vol.31, No.1(1980), pp.57-60
- [82] Kunreuther, H. and Richard, J.F. : “Optimal Pricing and Inventory Decisions for Non-Seasonal Items”, *Econometrica*, Vol.39, No.1(Jan. 1971), pp.173-175
- [83] Kunreuther, H. and Schrage, L. : “Joint Pricing and Inventory Decisions for Constant Priced Items”, *Manage. Sci.*, Vol.19, No.7(March 1973), pp.732-738
- [84] Lambin, J. : *Advertising, Competition, and Market Conduct in Oligopoly over Time*, North-Holland, Amsterdam(1976), p.95

- [85] Lee, S.M. : *Goal Programming for Decision Analysis*, Mason & Lipscomb(1972) ; 大村茂雄, 近藤恭正 : 意思決定のための目標計画法 (上), 日本経営出版会 (1974)
- [86] Lee, S.M. and Morris, R.L. : *Integer Goal Programming Methods, Multiple Criteria Decision Making*, Ed. by Starr, M.K. and Zeleny, M., North-Holland(1977)
- [87] Leitch, R.L. : "Marketing Strategy and the Optimal Production Schedules", *Manage. Sci.*, Vol.21, No.3(1974), pp.302-312
- [88] Leitch, R.A. : "On Marketing Strategy and The Optimal Production Schedule; A Rejoinder", *Manage. Sci.*, Vol.23, No.1(Sep. 1976), pp.99-100
- [89] Lilien, G.L. : "ADVISOR2: Modeling Marketing Mix Decision for Industrial Products", *Manage. Sci.*, Vol.25, No.2(1979), pp.191-205
- [90] Lilien, G.L. and Yoon, E. : "The Timing of Competitive Market Entry : An Exploratory Study of New Industrial Products", *Manage. Sci.*, Vol.36, No.5(May 1990), pp.568-585
- [91] Lin, W.T. : "A Survey of Goal Programming Applications", *Omega*, 1979, Vol.8, No.1, pp.115-122
- [92] Little, J.D.C. : "BRANDAID: A Marketing-Mix Model, Part 1: Structure", *Oper. Res.*, Vol.23, No.4(1975), pp.628-655
- [93] Little, J.D.C. : "BRANDAID: A Marketing-Mix Model, Part 2: Implementation, Calibration, and Case Study", *Oper. Res.*, Vol.23, No.4(1975), pp.657-673
- [94] Magat, W.A., Mccann, J.M., Morey, R.C. : "When Does Lag Structure Really Matter in Optimizing Advertising Expenditures? ", *Manage. Sci.* , Vol.32, No.2(Feb. 1986), pp.182-193
- [95] Mahajan, V., Bretschneider, S.I. and Bradford, J.W. : "Feedback Approaches to Modeling Structural Shifts in Market Response", *J. Mark.*, Vol.44(Winter 1980), pp.71-80
- [96] Malone, T.W. : "Modeling Coordination in Organizations and Markets", *Manage. Sci.*, Vol.33, No.10(Oct. 1987), pp.1317-1332
- [97] Mintzberg, H. : "The Strategy Concept I : Five Ps For Strategy", *California Manage. Rev.* (Fall 1987), pp.11-32
- [98] 宮下藤太郎 : "企業モデル", 東大経済論集, 31 卷 3 号 (1965), pp.39-49
- [99] 森本三男 : "経営目標のあり方と現実", 組織科学, Vol.20, No.2(1986), pp.3-12
- [100] Murphy, R.A. and Tatham, R.L. : "Optimal Construction of Experimental Clusters", *Manage. Sci.*, Vol.25, No.2(Feb. 1979), pp.182-190
- [101] Musa, A.A. and Saxena, U. : "Scheduling Nurses Using Goal-Programming Techniques", *IIE Trans.*, Vol.16, No.3(1984), pp.216-221

- [102] Naert, P.A. and Leeflang, P.S.H. : *Building Implementable Marketing Models*, Martinus Nijhoff, New York(1978), pp.140
- [103] Nakanishi, M. and Cooper, L.G. : "Parameter Estimation for a Multiplicative Competitive Interaction Model; Least Squares Approach", *J. Mark. Res.*, Vol.11(Aug. 1974), pp.303-311
- [104] 中山弘隆 : "対話型多目的計画法", オペレーションズ・リサーチ, Vol.33, No.8(1988), pp.375-381
- [105] Narasimhan, R. : "Goal Programming in A Fuzzy Environment", *Decision Sciences*, Vol.11(1980), pp.325-336
- [106] Nerlove, M. and Arrow, K.J. : "Optimal Advertising Policy under Dynamic Conditions", *Economica*, Vol.29(May 1962), pp.129-142
- [107] Nguyen, D. : "An Analysis of Optimal Advertising Under Uncertainty", *Manage. Sci.*, Vol.31, No.5(May. 1985), pp.622-633
- [108] 野村淳二, 澤田一哉, 栗尾 孝, 高田治次 : "生産・販売・在庫計画管理におけるシステムズアプローチの応用; I M S M法, G M D H法, 効用理論などを応用した生産・販売・在庫計画業務のシステム化", 松下電工技報, No.26(Feb. 1983), pp.12-17
- [109] 野村淳二, 澤田一哉, 栗尾 孝, 西川 韓一 : "企業内の設計・計画・評価問題における多目的最適化手法の応用", システムと制御, Vol.28, No.11(1984), pp.651-659
- [110] 大沢 豊 : マーケティング科学と意思決定, 中央経済社 (1975), p.173
- [111] Oral, M. and Dominique, C.R. : "An Analytical Approach to Competitive Strategy Formulation in Mature Industries", *IIE Trans.*, Vol.21, No.3(Sep. 1989), pp.271-278
- [112] Parlar, M. : "A Problem in Jointly Production and Advertising Decisions", *Int. J. Systems Sci.*, Vol.17, No.9(1986), pp.1373-1380
- [113] Parsons, L.J. : "The Product Life Cycle and Time-Varying Advertising Elasticities", *J. Mark. Res.* Vol.12(Nov. 1975), pp.476-480
- [114] Pekelman, D. : "Simultaneous Price-Production Decision", *Oper. Res.*, Vol.22, No.4(July-Aug. 1974), pp.788-794
- [115] Perkins, W.S. and Rao, R.C. : "The Role of Experience in information Use and Decision Making by Marketing Managers", *J. Mark. Res.*, Vol.27(Feb. 1990), pp.1-10
- [116] Pessemier, E.A. : "A Model for Product Management", *Marketing Decision Models, Ch.7*, Ed. by R.L. Shultz and A.A. Zoltners", North Holland(1981), pp.146-164
- [117] Peterson, R.F. : "Optimal Smoothing of Shipments in Response to Orders", *Manage. Sci.* (May 1971), pp.597-607

- [118] Polli, R. and Cook, V. : “Validity of the Product Life Cycle”, *J. of Business*, Vol.42, No.4(1969), pp.385-400
- [119] Porter, M.E. : *Competitive Advantage*, Free Press(1985) ; 土岐坤, 中辻萬治, 小野寺武夫訳 : 競争優位の戦略, ダイヤモンド社 (1985)
- [120] Porteus, E.L. and Whang, S. : “On Manufacturing/Marketing Incentives”, *Manage. Sci.*, Vol.37, No.9(Sep. 1991), pp.1166-1181
- [121] Prasad, V.K. and Ring, L.W. : “Measuring Sales Effects of Some Marketing Mix Variables and Their Interactions”, *J. Mark. Res.*, Vol.13(Nov. 1976), pp.391-396
- [122] Rao, V.R. : “Alternative Econometric Models of Sales Advertising Relationships”, *J. Mark. Res.* Vol.9(May 1972), pp.177-181
- [123] Reeves, G.R. and Sweigart J.R. : “Product-Mix Models When Learning Effects are Present, *Manage. Sci.*, Vol.27, No.2(Feb. 1981), pp.204-212
- [124] Rogers, E.M. : *Diffusion of Innovations*, New York, The Free Press(1962)
- [125] Ross, S.A. : “The Economic Theory of Agency : The Principal’s Problem”, *American Economic Review*, Vol.63, No.2(May 1973), pp.134-139
- [126] Roy, A., Falomir, E.E. and Lasdon, L. : “An Optimization-Based Decision Support System for A Product Mix Problem”, *Interfaces*, Vol.12, No.2(Apr. 1982), pp.26-33
- [127] 坂本和一 (編著) : 技術革新と企業構造, ミネルバ書房 (1985)
- [128] 猿山義広 : “広告費予算設定における多段階因果連鎖モデルの比較研究”, 商学研究科紀要 (1987), pp.119-138
- [129] Sasieni, M.W. : “Optimal Advertising Expenditure”, *Manage. Sci.*, Vol.18, No.4(Dec. 1971), pp.P64-P72
- [130] 瀬見 博 : “線形目標計画法のアルゴリズムの比較”, 商学論究 (関西学院大学商学研究会), 31巻3号 (1984), pp.107-123
- [131] 瀬見 博 : “ファジィ線形目標計画法モデルについて”, 商学論究 (関西学院大学商学研究会), 33巻3号 (1987), pp.51-66
- [132] Sethi, S.P. : “Optimal Control of the Vidale-Wolfe Advertising Model”, *Oper. Res.*, Vol.21(1973), pp.998-1013
- [133] Sethuraman, R. and Tellis, G.J. : “An Analysis of the Tradeoff Between Advertising and Price Discounting”, *J. Mark. Res.*, Vol.28(May 1991), pp.160-174
- [134] 千住鎮雄, 伏見多美雄 : 経済性工学の応用, 日本能率協会 (1983), pp.53-83
- [135] Shakun, M.F. : “Advertising Expenditures in Couples Markets; A Game-Theory Approach”, *Manage. Sci.*, Vol.11, No.4(Feb. 1965)

- [136] Shapiro, B.P. : "Can Marketing and Manufacturing Coexist? ", *Harv. Buss. Rev.* (Sep.-Oct. 1977), pp.104-114
- [137] 島田達巳, 海老澤栄一編 : 戦略情報システム, 日科技連 (1989)
- [138] 清水公一 : 新しい広告効果モデル構築の試み, 城西大学経済学会誌, 21巻23号, pp.277-296
- [139] Simon, H. : "An Analytical Investigation of Kotler's Competitive Simulation Model", (雑誌名を調査の事) Vol.24, No.14(1978), pp.1462-1473
- [140] Sunoo, D. and Lin, L.Y.S. : "Sales Effects of Promotion and Advertising", *J. Adv. Res.*, Vol.18, No.5(1978), pp.37-40
- [141] Sweeney, D.J., Winkofsky, E.P., Roy, P., Baker, N.R. : "Composition Vs. Decomposition : Two Approaches to Modeling Organizational Decision Processes", *Manage. Sci.*, Vol.24, No.14(Oct. 1978), pp.1491-1499
- [142] Tabucanon, M.T. : *Multiple Criteria Decision Making in Industry*, Elsevier(1988)
- [143] 田内幸一, 村田昭治 (編著) : 現代マーケティングの基礎理論, 同文館 (1989), p.9
- [144] Tellis, G.J. and Crawford, M. : "An Evolutionary Approach to Product Growth Theory", *J. Mark.*, Vol.45(Fall 1987), pp.125-132
- [145] Teng, J.T. and Thompson, G.L. : "Oligopoly Models for Optimal Advertising When Production Costs Obey A Learning Curve", *Manage. Sci.*, Vol.29, No.9(1983), pp.1087-1101
- [146] Thomas, L.J. : "Price-Production Decisions with Deterministic Demand", *Manage. Sci.*, Vol.16(1970), pp.747-750
- [147] Thomas, J. : "Linear Programming Models for Production Advertising Decisions", *Manage. Sci.*, Vol.17, No. 8(1971), pp.474-484
- [148] Thompson, R.G. and Proctor, M.S. : "Optimal Production, Investment, Advertising, and Price Controls for the Dynamic Monopoly Firm", *Manage. Sci.*, Vol.16, No.3(Nov. 1969), pp.211-220
- [149] Tuite, M.E. : "Merging Marketing Strategy Selection and Production and Production Scheduling : A Higher Order Optimum", *J. Ind. Eng.*, Vol.19, No.2(1968), pp.76-84
- [150] Tull, D.S. : "The Carry-over Effect of Advertising", *J. Mark.*, Vol.29(Apr. 1965), pp.46-53
- [151] Verma, V.K. : "A Price Theoretic Approach to the Specification and Estimation of the Sales-Advertising Function", *J. Bus.*, Vol.53, No.3(1980), pp.s115-s137
- [152] Vidle, M.L. and Wolfe, H.B. : "An Operations-Research Study of Sales Response to Advertising", *Oper. Res.*, Vol.5(1957), pp.370-381

- [153] Walter, A.A. : “Production and Costs Functions: An Econometric Survey”, *Econometrica*, Vol.31, No.1-2(1963), pp.1-66
- [154] Welam, U.P. : “On Marketing Strategy and the Optimal Production Schedule”, *Manage. Sci.*, Vol.23, No.1(Sep. 1976), pp.95-98
- [155] Welam, U.P. : “On A Simultaneous Decision Model for Marketing, Production and Finance”, *Manage. Sci.*, Vol.23, No.9(May 1977), pp.1005-1009
- [156] Welam, U.P. : “Synthesizing Short Run Production and Marketing Decisions”, *AIIE Trans.*, Vol.9, No.1(Mar. 1977), pp.53-62
- [157] Welam, U.P. : “Optimal and Near Optimal Price and Advertising Strategies for Finite and Infinite Horizons”, *Manage. Sci.*, Vol.28, No.11(Nov. 1982), pp.1313-1327
- [158] Wernerfelt, B. : “The Dynamics of Prices and Market Shares over the Product Life Cycle”, *Manage. Sci.* Vol.31, No.8(Aug. 1985), pp.928-939
- [159] Wheelwright, S.C. and Hayes, R.H. : “Competing through manufacturing”, *Harv. Buss. Rev.* (Jan.-Feb. 1985), pp.99-109
- [160] Wight, O.W. : *Production and Inventory Management in the Computer Age*, Cahnners Pub.(1974) ; 吉野龍一訳 : M R P による生産管理, 日刊工業新聞社 (1978)
- [161] Wiseman, C. : *Strategic Information Systems*, R.D. Irwin(1988) ; 土屋守章, 辻 新六訳 : 戦略情報システム, ダイヤモンド社 (1989)
- [162] Wittink, D.R. : “Exploring Territorial Differences in the Relationship Between Marketing Variables”, *J. Mark. Res.*, Vol.14(May 1977), pp.145-155
- [163] 由井兄朝 : C I M, 生販統合の実現, 日本経済新聞社 (1990)

発 表 論 文 一 覧

- [1] 太田雅晴, 人見勝人: “プロダクション・マーケティング統合計画モデルに関する研究; 方略的販売目標を考慮した利潤最大化計画の策定”, 日本経営工学会誌, Vol.35, No.4 (1984), pp.251-256
- [2] 太田雅晴, 人見勝人: “価格目標, 販売目標および利潤目標に同時に対処する計画モデルの構築; プロダクション・マーケティング統合計画モデルに関する研究 (第 2 報)”, 日本経営工学会誌, Vol.38, No.1 (1987), pp.46-51
- [3] Ota, M. and Hitomi, K: “Production-Marketing Integrated Planning Models with Multiple Managerial Objectives”, *Transformation of Science and Technology into Productive Power, Edit. by Li Ming*, Taylor and Francis(1991), pp.395-399
- [4] Ota, M.: “Dynamic Product-Mix Decision under the Integrated Production-Marketing Planning Condition”, *Proceeding of the Pacific Conference on Manufacturing, Japan, November 3-6, 1992* (1992), pp.484-491
- [5] 太田雅晴: “Musa-Saxena の考え方に基づく一般型 0 - 1 目標計画法の解法アルゴリズムの研究”, 日本経営工学会誌, Vol.40, No.1 (1989), pp.10-16

